

**DISEÑO DE LA NUEVA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SILLAS PARA
MULTIPROYECTOS S.A.**

MAURICIO FERNANDO CONTRERAS PARRA

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2017**

**DISEÑO DE LA NUEVA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SILLAS PARA
MULTIPROYECTOS S.A.**

**MAURICIO FERNANDO CONTRERAS PARRA
Código: 062102040**

**DIRECTOR
Ingeniero EDGAR LEONARDO DUARTE**

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2017**

ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado **DISEÑO DE LA NUEVA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SILLAS PARA LA EMPRESA MULTIPROYECTOS S.A.**, realizado por **MAURICIO FERNANDO CONTRERAS PARRA** con código **062102040**, cumple con todos los requisitos legales exigidos por la UNIVERSIDAD LIBRE, para optar al título de Ingeniero Industrial.

Ing. Edgar Leonardo Duarte

Ing. Orlando Quitian (Jurado 1)

Ing. Manuel Mayorga (Jurado 2)

Bogotá 09 de noviembre de 2017

DEDICATORIA

A:

DIOS, por darme la salud y perseverancia, por ayudarme a no desfallecer en los momentos más álgidos y complicados, sobre todo por su infinita misericordia.

Mi esposa SANDRA MILENA y a mi madre ROSA HELENA, por su aporte para este gran logro para mi vida personal y profesional, ya que sin la ayuda tanto económica como con tiempo de parte de ellas, no habría sido posible culminar este sueño. Gracias a sus consejos y comprensión, cada paso que daba para llegar a esta meta era más fácil y seguro.

Mi familia por creer en mí, por su apoyo incondicional y sobre todo por los buenos consejos para no darme por vencido.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis Maestros, que a lo largo de estos años con su apoyo y motivación, nos direccionaron a todos sus alumnos para lograr culminar este sueño, todos ellos que marcaron nuestra etapa de aprendizaje en cada uno de las cátedras vistas

Mi director de proyecto Ing. Edgar Duarte, por su gran apoyo y direccionamiento para la elaboración de este proyecto, por sus consejos y aportes acertados.

Mis compañeros de estudio con los que compartí grandes e inmemorables momentos.

La gran familia Multiproyectos, por la gran colaboración para elaborar este proyecto en esta empresa, por el apoyo de sus directivas para culminar este proceso.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE LA NUEVA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SILLAS PARA MULTIPROYECTOS S.A.

AUTOR: MAURICIO FERNANDO CONTRERAS PARRA

DESCRIPCIÓN: **Multiproyectos S.A.** es una empresa especializada en el diseño, producción, venta e instalación de espacios de trabajo (oficina abierta); un sector muy competido en el que se requiere de manera constante, generar proyectos que hagan más eficientes y competitivas a las empresas que lo constituyen, por tal motivo tienden a reducir los costos operativos y optimizar su logística concatenada en toda la cadena de valor, con el ánimo de satisfacer las necesidades y requerimientos del cliente final.

Multiproyectos S.A. ha tenido un crecimiento año a año, pero dentro de sus procesos, posee una planta menor de producción y ensamble de sillas, que por el área y espacio disponible no le ha permitido expandirse con el ánimo de dar una respuesta oportuna a las órdenes de fabricación.

El objetivo de este proyecto es realizar una propuesta para elaborar un estudio y un diseño de una planta nueva de producción y ensamble de sillas, para la empresa **Multiproyectos S.A.**, aprovechando que tiene dos bodegas en un complejo empresarial junto a la planta de producción de la Compañía.

Esto podría darle la oportunidad a la empresa de convertir esta nueva planta en una unidad de negocios que aporte al crecimiento de la misma e incremente el diseño de nuevos productos, como salas de espera y mobiliario de tercer espacio.

Para tal motivo en el siguiente proyecto se hizo un análisis de pronósticos, análisis de área requerida, una simulación y algunos análisis económicos que aportan datos que hacen ver viable y productiva la nueva planta.

PALABRAS CLAVE: Distribución de planta, Implementación, Layout, Pronostico, Simulación.

ABSTRACT

TITLE: DISEÑO DE LA NUEVA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SILLAS PARA LA EMPRESA MULTIPROYECTOS S.A.

AUTHOR: MAURICIO FERNANDO CONTRERAS PARRA

DESCRIPTION: **Multiproyectos S.A.**, is a company specialized in the design, production, sale and installation of workspaces (open office); a sector very competitive which requires steadily generate projects that make more efficient and competitive enterprises which constitute it, for this reason they tend to reduce operating costs and optimize their logistics concatenated throughout the value chain, with the aim of satisfying the needs and requirements of the end customer.

Multiproyectos S.A., has grown year by year, but within their production processes, It has one lower production and chairs assembly plant, that by available space and the area it has not allowed you expand to give a timely response to the manufacturing orders.

The objective of this project is to prepare a proposal to develop a study and design of a new plant of production and Assembly of chairs for the company **Multiproyectos S.A.**, taking advantage of having two wineries in a business complex next to the production plant of the company.

This could give the opportunity to the company this new plant to become a business unit that contributes to the growth of the same and increase the design of new products, such as waiting rooms and furniture of third space.

For this reason in the following project analysis, forecasts and analysis of required area, became a simulation and some economic analyses that provide data which make it viable and productive new plant

KEY WORDS: Distribution of plant, Implementation, Layout, Forecast, Simulation

Tabla de contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
1. CAPITULO 1 GENERALIDADES	17
1.1. PROBLEMA.....	17
1.1.1. Descripción del problema.....	18
1.1.2. Matriz causa-efecto	21
1.1.3. Formulación del problema	28
1.2. OBJETIVOS.....	29
1.2.1. Objetivo General	29
1.2.2. Objetivos específicos	29
1.3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	30
1.3.1. Delimitación temática	30
1.3.2. Delimitación espacial.....	30
1.3.3. Delimitación temporal.....	30
1.4. METODOLOGÍA	31
1.4.1. Tipo de investigación.....	31
1.4.2. Cuadro metodológico	31
1.5. MARCO REFERENCIAL	32
1.5.1. Multiproyectos S.A.	32
1.5.2. Antecedentes Externos	37
1.5.3. Marco teórico	45
1.5.4. Marco conceptual	58
2. CAPITULO 2 DESARROLLO DEL PROYECTO	61
2.1. RELACIÓN DE ACTIVIDADES Y EL RECORRIDO DE PRODUCTO.....	61
2.1.1. Referencias y capacidad de producción.....	61
2.1.2. Secuencia del proceso de manufactura	62
2.1.3. Movimientos de producto en proceso.....	67

2.1.4.	Diagrama de procesos	69
2.1.5.	Diagrama de relaciones	70
2.1.6.	Herramientas utilizadas en este proyecto	71
2.1.6.2.	<i>Formatos de toma de tiempos.</i>	72
2.1.7.	Balanceo de líneas.....	74
2.2.	ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE ESPACIO REQUERIDO Y EL ESPACIO DISPONIBLE	78
2.2.1.	Área actual	78
2.2.2.	Espacio requerido	79
2.2.3.	Espacio disponible	80
2.3.	ALTERNATIVAS DE DISTRIBUCIÓN Y PROYECCIÓN DE VENTAS PARA LA NUEVA PLANTA	83
2.3.1.	Alternativas	85
2.3.2.	Pronósticos con análisis de tiempo	89
2.3.3.	Inversión.....	95
2.3.4.	Retorno de la Inversión (ROI)	95
2.3.5.	Periodo Retorno de la Inversión (PRI).....	96
2.4.	EVALUACIÓN DE OPCIONES PROPUESTAS DE DISTRIBUCIÓN	98
2.4.1.	La mejor alternativa para la distribución.....	98
2.5.	SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	100
2.5.1.	Simulación.....	100
3.	CAPITULO 3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.	106
3.1.	RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN	106
4.	CONCLUSIONES.....	108
4.1.	RECOMENDACIONES.....	110
5.	COMPLEMENTARIOS.....	111
5.1.	BIBLIOGRAFÍA.....	111
5.2.	CIBERGRAFÍA	112

Tabla de figuras

	Pág.
Figura 1. Planta actual ensamble de sillas.....	18
Figura 2. Diseño de tercer espacio	19
Figura 3. Sillas compradas a proveedores y tapizadas en planta	19
Figura 4. Sillas ensambladas en la planta y compradas a proveedores	20
Figura 5. Hacinamiento de materias primas en la planta actual	23
Figura 6. Evidencia de desorden en el proceso de ensamble de sillas.....	23
Figura 7. Máquinas de ensamble.....	23
Figura 8. Sillas ensambladas en la planta	24
Figura 9. Bases para el ensamble de sillas	24
Figura 10. Tándem (Sillas varios puestos) en producción	24
Figura 11. Hacinamiento en la planta de sillas.....	25
Figura 12. Distribución de la planta completa MULTIPROYECTOS S.A.	26
Figura 13. Distribución actual de la planta de sillas	27
Figura 14. Oficinas de representación de Multiproyectos S.A.	33
Figura 15. Plano para desplazarse a la planta MULTIPROYECTOS S.A.	34
Figura 16. Planta metalmecánica Multiproyectos S.A.	35
Figura 17. Planta de maderas Multiproyectos S.A.	35
Figura 18. Ensamble de especiales de Multiproyectos S.A.	36
Figura 19. Área pintura electrostática de Multiproyectos S.A.	36
Figura 20. Misión y Visión de Multiproyectos S.A.	37
Figura 21. Programación de mantenimiento	41
Figura 22. Diagrama de flujo de producción	43
Figura 26. Diagrama de relación entre áreas.....	49
Figura 27. Razón para la relación entre áreas.....	50
Figura 28. Importancia de la cercanía, código de líneas.....	50
Figura 29. Tabla de relación entre departamentos	51
Figura 30. Diagrama de relaciones entre áreas	51
Figura 31. Layout propuesto para el ejemplo.....	52
Figura 32. Etapas para desarrollo de un SLP	53
Figura 33. Clases de cronómetros	56
Figura 34. Ejemplo de formato para toma de tiempos con cronómetro a cero	57
Figura 35. Plano distancia del almacén MP a la planta de Sillas	68
Figura 36. Plano distribución planta actual de sillas	69
Figura 37. Plano distribución planta actual de sillas	78
Figura 38. Bodega Palmacera	80
Figura 39. Área Bodega Palmacera.....	81

Figura 40. Parte Interna Bodega Palmacera.....	81
Figura 41. Plano bodega disponible para diseño de la planta de ensamble de sillas	82
Figura 42. Plano bodega actual más la estantería y cerramiento	83
Figura 43. Localización Centro Empresarial Palmacera	84
Figura 44. Alternativa 1	86
Figura 45. Alternativa 2	87
Figura 46. Alternativa 3	88
Figura 47. Ingresos de entidades a locaciones para las dos simulaciones.....	101
Figura 48. Locaciones Planta Actual.....	101
Figura 49. Locaciones Planta Sugerida	101
Figura 50. Recorrido Producto En Proceso Planta Actual	102
Figura 51. Recorrido Producto en Proceso Planta Sugerida	103
Figura 52. Layout Planta Actual	105
Figura 53. Layout Planta Sugerida.....	105

Tabla de gráficos

	Pág.
Gráfico 1. Ventas en millones de pesos últimos 4 años.....	19
Gráfico 2. Proyección ventas con la nueva planta millones vs años.....	20
Gráfico 3. Matriz Causa – Efecto	21
Gráfico 4. Cuadro metodológico	31
Gráfico 5. Índice de ventas trimestrales.....	38
Gráfico 6. Diagrama de procesos planta de Sillas de Multiproyectos S.A.	70
Grafico 7 Unidades producidas y costos por operario con balanceo de líneas.....	75
Grafico 8. Promedio Móvil y tendencia	90
Grafico 9. Producción y pronostico Suavizado Exponencial	91
Grafico 10. Ventas vs Tendencia del Suavizado Exponencial	92
Gráfico 11. Comportamiento y Tendencia Holt Winters	93
Grafico 12. Grafico Regresión Simple.....	94

Tabla de cuadros

	Pág.
Cuadro 1. Ficha técnica mantenimiento de máquinas	40
Cuadro 2. Calificación por criterios	42
Cuadro 3. Técnicas de distribución en planta	42
Cuadro 4. Continuación técnica de distribución en planta	43
Cuadro 5. Líneas de producto.....	62
Cuadro 6. Diagrama de relaciones planta de sillas de Multiproyectos	71

Tabla de tablas

	Pág.
Tabla 1. Inversión con el nuevo diseño de planta	44
Tabla 2. Proceso de manufactura de sillas página 1	63
Tabla 3. Proceso de manufactura de sillas página 2	64
Tabla 4. Proceso de manufactura de sillas página 3	65
Tabla 5. Proceso de manufactura de sillas página 4	66
Tabla 6. Proceso de manufactura de sillas ultima parte	66
Tabla 7. Formato diligenciado en la toma de tiempos en la línea de ensamble de sillas.....	73
Tabla 8 Datos balanceo de líneas	74
Tabla 9 Amortiguadores.....	75
Tabla 10. Espacio requerido para el nuevo diseño de la planta	79
Tabla 11. Pronóstico por promedios móviles	89
Tabla 12. Suavizado Exponencial.....	90
Tabla 13. Tendencia del Suavizado Exponencial	91
Tabla 14. Pronostico Holt Winters.....	92
Tabla 15. Regresión Simple.....	94
Tabla 16. Inversión adecuación nueva planta.....	95
Tabla 17. Retorno de la Inversión	96
Tabla 18. Periodo recuperación de la inversión	96
Tabla 19. Calificación de las alternativas de distribución de planta	98
Tabla 20. Ocupación de Locaciones Planta Actual.....	103
Tabla 21. Ocupación de Locaciones Planta Sugerida	104
Tabla 22. Entidades terminadas en las dos simulaciones.....	106

INTRODUCCIÓN

Con los avances tecnológicos y la necesidad de mejorar los costos de los procesos de producción, las empresas e industrias están cada vez más orientadas a la reestructuración y reingeniería para desarrollar sus actividades con mayor efectividad a más bajos costos.

La estandarización de los procesos hace que cada vez sea más difícil tener una ventaja competitiva, por esto los directores deben optimizar sus procesos con el fin de mejorar sus márgenes de beneficios sin que esto signifique sacrificar el precio final. Por esto las empresas deben estar preparadas para ser flexibles dado que se pueden enfrentar a una baja demanda o por el contrario a demandas de productos bastantes grandes, por esto es muy importante la flexibilidad sin que esto implique hacer cambios en las plantas de producción cada vez que hay diferencias en las ventas.

El diseño de una planta de producción es una tarea muy importante, dadas las premisas como aumento de la producción, la disminución de costos y una buena rentabilidad, por esto este texto trata con el uso de varios métodos de análisis, diseñar la nueva planta de producción de sillas para la firma Multiproyectos S.A. utilizando para tal fin, textos de consulta sobre el diseño de plantas de producción y herramientas de ingeniería.

Hay muchos síntomas que definen que tan bien están diseñadas las instalaciones, como acumulación de producto en proceso, transportes innecesarios, dificultad para que los colaboradores se muevan, alta accidentabilidad.

JUSTIFICACIÓN

El diseño de una planta de producción tiene una importancia dado que entre en 25% y el 45% de los costos de procesos de fabricación están ligados a la distribución de los centros de trabajo. Desafortunadamente cuando se construyen las instalaciones para una industria lo último que se tiene en cuenta es como va a ser la distribución de los centros de trabajo.

Cuando se hace el diseño de una planta se deben tener claro, como se hace, que se hace, cuanto se hace y sobre todo tener una proyección a largo plazo, que se quiere hacer y cuanto se quiere hacer, resolviendo estos interrogantes se puede tener una empresa que afronte fácilmente los cambios en la demanda de sus productos (flexibilización).

Este texto pretende sensibilizar sobre la importancia de utilizar las herramientas de ingeniería para hacer diseños de plantas, también que se torne como un texto de consulta para futuros proyectos.

Los beneficiarios de este texto de diseño de plantas de producción serán; la empresa, sus colaboradores, directivos y sobre todo sus clientes, dado que tendrán sus productos con mejores precios sin afectar la calidad de los mismos.

1. CAPITULO 1 GENERALIDADES

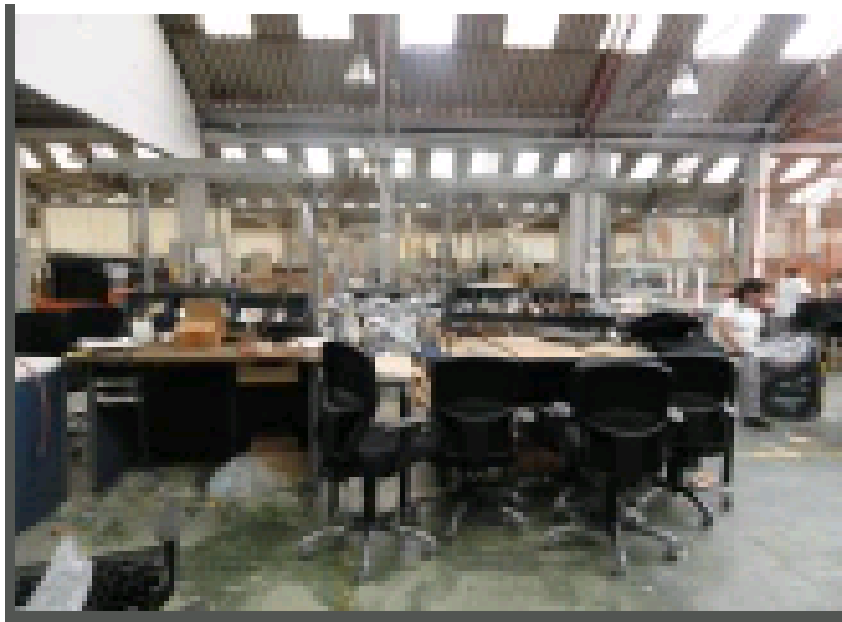
1.1. PROBLEMA

Los procesos en el área de ensamble y producción de sillas, son el corte de tela (tela, cuero, prana), tapizado, ensamble y empaque de sillas, la fabricación de salas de espera corporativas. También el alistamiento de partes de sillas para ser suministradas como repuestos. Para esta labor se requiere de máquinas de coser, mesa de corte, prensas hidráulicas, grapadoras, aplicadores de pegante.

Para ello es necesario hacer estudios económicos de factibilidad, inversión y proyección de mercado. Con el diseño de la planta se quiere ampliar la participación en el mercado ya que muchos clientes o posibles clientes no conocen la variedad de productos en sillas y renovación que la compañía ofrece.

Actualmente para el proceso de ensamble de sillas la planta cuenta con tres centros de trabajo en un área muy reducida en la cual no se puede explotar las habilidades de los operarios ni las máquinas instaladas para tal fin. En la Figura 1 se evidencia el poco espacio que corresponde a la planta de sillas de la empresa.

Figura 1. Planta actual ensamble de sillas



Fuente: El autor, 2015

Se ha realizado una revisión preliminar de proyectos de grado y se encontró que el diseño de una planta ayuda a mejorar los indicadores de producción y la competitividad de una empresa. Ballestas y Godoy y Olarte

El creciente espacio para diseño de oficinas modulares ha generado un alto crecimiento en las expectativas de los distribuidores de mobiliario a continuación (Gráfico 1) se presenta el histórico de ventas en millones de pesos que ha tenido la compañía MULTIPROYECTOS S.A. desde el año 2012 y hasta el 2015. Allí se evidencia una tendencia creciente que favorece la inversión en nuevos proyectos como la planta de ensamble y producción de sillas.

1.1.1. Descripción del problema

El problema principal identificado en la planta de sillas de la empresa, es el poco espacio que le ha sido asignado dentro de la planta, lo cual, dificulta la producción, empaque y entrega de los productos terminados. Basados en las expectativas de la compañía (Gráfico 1) en cuanto a la participación de mercado y proyección de ventas se requiere un lugar adecuado para almacenamiento de materias primas, producción y embalaje de sillas, que sea un lugar completamente independiente y con buen espacio debido a la cantidad de materias primas que maneja.

A bar chart showing the number of employees in thousands for the years 2012, 2013, 2014, and 2015. The y-axis is labeled 'MILLONES DE PESOS' and ranges from 0 to 1600. The x-axis is labeled 'AÑOS'. The bars are blue and show a steady increase in employee numbers over the four-year period.

AÑOS	Empleados (MILLONES DE PESOS)
2012	680
2013	750
2014	980
2015	1450

En las Figura 2 y Figura 3 se ven los diseños de los productos a desarrollar en la nueva planta de sillas, éstos generalmente son importados, debido a los tiempos de entrega, espacios de producción, y toda la logística que conlleva producirlos en la actual planta.

A modern lounge set featuring a central orange sofa, two matching orange armchairs, a dark wood coffee table, and a side table with a vase of yellow flowers. A laptop is placed on the right armchair.

19

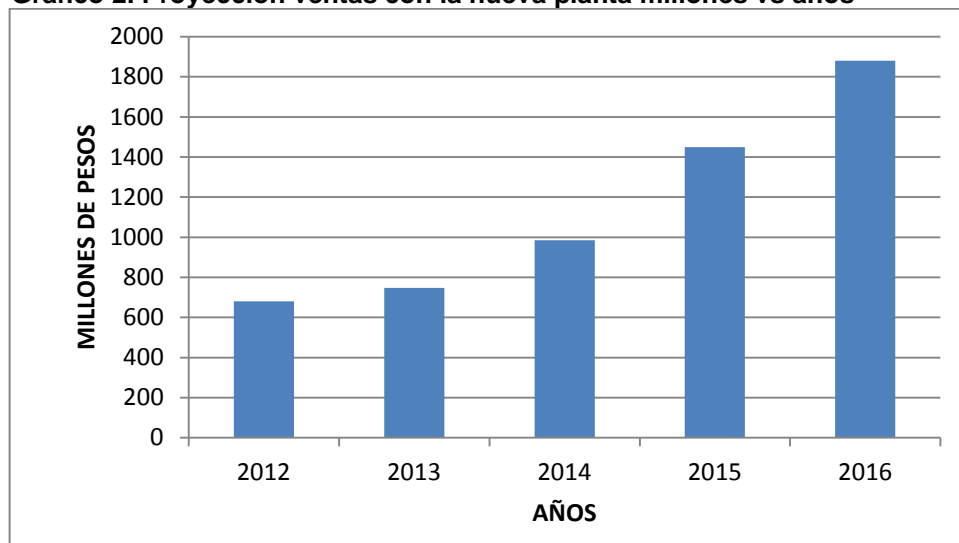
Figura 4. Sillas ensambladas en la planta y compradas a proveedores



Fuente: El autor, 2015

En el Gráfico 2 se ve la proyección de ventas en millones de pesos que la empresa MULTIPROYECTOS S.A. realizó en el año 2015 para el año 2016. Definitivamente es un gran crecimiento proyectado de acuerdo con los requerimientos del mercado y grandes negocios que se avecinan. Esta proyección está contemplada con el crecimiento en el área de la nueva planta de ensamble de sillas y comercializando los nuevos productos.

Gráfico 2. Proyección ventas con la nueva planta millones vs años



Fuente: Gerencia Comercial Multiproyectos S.A. 2015

En el Gráfico 3, se presenta la matriz causa – efecto en donde se pueden evidenciar las consecuencias de no diseñar la nueva planta de producción y ensamble de sillas para MULTIPROYECTOS S.A., ya que la gran competencia de marcas extranjeras, empresas especializadas en manufactura de sillas, y una

creciente inversión nacional y extranjera en empresas hace que el mercado solicite mejores precios, tiempos de entrega, diseños acordes con la exigencia de los clientes y sobre todo variedad en los productos.

Con el reducido espacio para producción y ensamble de sillas la empresa está rezagada en comparación con las compañías de la competencia que ya tienen plantas exclusivas para la manufactura de sillas.

1.1.2. Matriz causa-efecto

El problema se identifica con mayor frecuencia cuando el área comercial de Multiproyectos S.A. obtiene una gran demanda por los productos de sillas, y cuando se ha concluido con todo el proceso de la consecución de materias primas con los proveedores y se empieza el ensamble del producto en proceso, es en este momento que produciendo en masa se evidencia el problema de espacio para producción y almacenamiento de productos en proceso, productos terminados.

Gráfico 3. Matriz Causa – Efecto

<div>Descripción</div> <div>Definiciones</div>	Situación actual	Impacto
	CAUSAS:	La estructura actual de la planta no está acorde con los requerimientos de demanda que exige el mercado.
PROBLEMA:	Baja producción de sillas, poca reacción ante solicitudes altas. Espacio reducido para las operaciones de manufactura de sillas.	¿De qué forma se pueden organizar las instalaciones de la planta de ensamble de sillas para lograr ser más competitivos en su fabricación en MULTIPROYECTOS S.A.?
	La organización de las instalaciones de la planta de ensamble de sillas permitirá a MULTIPROYECTOS S.A. mejorar sus indicadores de gestión y satisfacer las necesidades del mercado.	

<div>Descripción</div> <div>Definiciones</div>	Situación actual	Impacto
CONSECUENCIAS	<p>Decrecimiento de la imagen corporativa y baja en la participación de mercado.</p> <p>Pérdida de la posibilidad de obtener grandes contratos.</p> <p>Baja percepción de los clientes en cuanto a los servicios postventas que pueda ofrecer la empresa</p>	<p>Pérdida de participación en el mercado.</p> <p>No hay fidelización de clientes.</p> <p>Decrecimiento del flujo de caja.</p> <p>Baja productividad del trabajador, poco aprovechamiento de la capacidad operativa</p>

Fuente: El Autor 2015

El problema para la producción de sillas se ve evidenciado en toda la parte asignada para el área de producción y ensamble de sillas, debido a la aglomeración de producto terminado y en proceso, al poco espacio para almacenamiento de productos en proceso, producto terminado y materias primas. Ocasionan desde problemas de seguridad, movimientos peligrosos y en ocasiones pérdida de tiempo en transportes innecesarios y no le agrega valor al producto final.

Como se puede observar en las fotos tomadas el 03 de noviembre de 2015 (Ver Figura 5, Figura 6, Figura 7,

Figura 8, Figura 9, Figura 10, Figura 11) existe un hacinamiento a causa del producto terminado, producto en proceso y materias primas, esto genera incomodidad al ejecutar los procesos debido al riesgo para los operarios en cuestiones de salud, ergonomía y deben hacer transportes innecesarios para ejecutar sus funciones.

Figura 5. Hacinamiento de materias primas en la planta actual



Fuente: El autor 2015

Figura 6. Evidencia de desorden en el proceso de ensamble de sillas



Fuente: El autor 2015

Figura 7. Máquinas de ensamble



Fuente: El autor 2015

Figura 8. Sillas ensambladas en la planta



Fuente: El autor 2015

Figura 9. Bases para el ensamble de sillas



Fuente: El autor 2015

Figura 10. Tándem (Sillas varios puestos) en producción



Fuente: El autor 2015

Figura 11. Hacinamiento en la planta de sillas



Fuente: El autor 2015

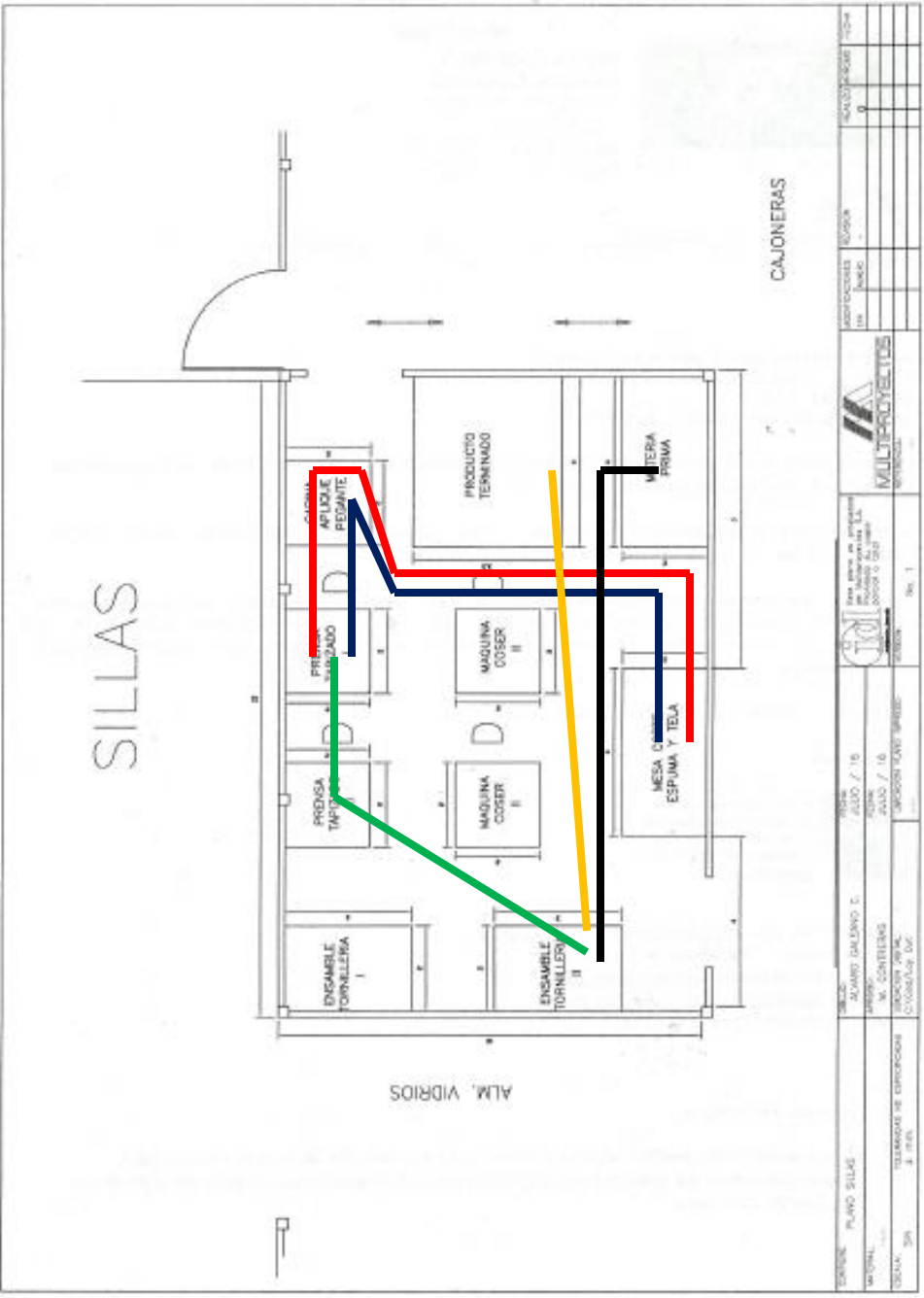
La capacidad insuficiente se denota al ver que todas las máquinas están ocupadas en el proceso y aun así completar un pedido aun teniendo las materias primas completas es muy difícil. Pues todo el proceso de producción se demora más de lo necesario y es inaceptable por los clientes, quienes dejan saber su inconformismo por el incumplimiento en las órdenes de producción.

En el área de sillas trabajan un Supervisor de proceso, dos cortadoras, dos tapiceros, dos ensambladores, un empacador y un pegador. Este personal se tiene que mover en este espacio tan reducido de **150 mts²** aproximadamente, de los cuales el **70%** está ocupado con centros de trabajo, de ahí los riesgos que esto acarrea.

En la Figura 12 se ve la distribución completa de la planta de producción, resaltando el área de ensamble de sillas, en la Figura 13, se observa ampliada la planta de sillas, donde se ve la ocupación de los centros de trabajo.

26

Figura 13. Distribución actual de la planta de sillas



Fuente: El Autor 2016

- El proceso productivo para la planta de sillas en Multiproyectos S.A. está basado en un sistema de distribución SLP en una planta de producción Pull (Halar en respuesta a la demanda) y sistema de producción Flow Shop conocido también como enfoque estratégico repetitivo porque maneja flexibilidad de referencias y un nivel medio de volúmenes de fabricación,

pero que a su vez se basa en el ensamble de módulos (elementos a ensamblar que son factor común en diversas referencias) los cuales fluyen en el sistema basados en un proceso continuo.

1.1.3. Formulación del problema

¿De qué forma se pueden diseñar las instalaciones de la nueva planta de ensamble de sillas en MULTIPROYECTOS S.A. para lograr ser más productivos en la fabricación?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar el diseño de distribución de la nueva planta de producción de sillas en MULTIPROYECTOS S.A., utilizando herramientas de Ingeniería Industrial con el fin de aumentar su productividad disminuyendo costos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Definir el análisis de producto, la relación de actividades y recorrido de producto.
- Analizar las necesidades de espacio requerido y el espacio disponible para la mejor distribución de áreas de producción, almacén M.P. y distribución.
- Realizar con los diagramas anteriores varias alternativas de distribución para la nueva planta.
- Evaluar las opciones propuestas de distribución, de acuerdo con los requerimientos de producción para la empresa.
- Seleccionar la mejor distribución de planta que esté acorde con las necesidades y requerimientos de Multiproyectos S.A.

1.3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1. Delimitación temática

El proyecto está previsto para realizarse en el departamento de producción de sillas de Multiproyectos S.A. Proceso de producción que se elabora por pedido con diferentes diseños y acabados. El área en el cual se hará la distribución y diseño de los centros de trabajo está ubicada en una bodega propiedad de la empresa y que tiene un área de 30 metros frente x 50 metros de profundidad. También se ubicará el almacén de materia prima y el centro de distribución de sillas.

1.3.2. Delimitación espacial

El proyecto se debe realizar en la empresa MULTIPROYECTOS S.A., en la planta de producción que se encuentra ubicada en el Kilómetro 12 vereda la Punta, de Tenjo, Cundinamarca.

1.3.3. Delimitación temporal

El presente trabajo de grado está proyectado para una duración aproximada de ocho (8) meses a partir de la aprobación del mismo, con el cumplimiento de los objetivos en este descritos.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Tipo de investigación

La definición de esta propuesta ha tenido en cuenta investigaciones anteriores como la realizada por Ballestas (2011) y Godoy y Olarte (2008), a partir de las cuales se han encontrado elementos que permiten establecer que el proyecto será de carácter mixto.

- Cualitativa: Observar la mejora en los centros de trabajo, distribución de planta y logística e incluso el comportamiento de los colaboradores con referencia al área antigua, los espacios amplios de los centros de trabajo deben evidenciar una disminución en la accidentalidad.
- Cuantitativa: Comparación con el histórico en producción y ventas de sillas para evaluar si mejora en el ensamble de sillas con la nueva planta, tomar nuevos tiempos de producción, con estos datos comparar con la proyección de ventas así evidenciar la justificación de la inversión.

1.4.2. Cuadro metodológico

En el siguiente cuadro (Gráfico 4) se desarrollan los objetivos denotando las actividades pertinentes con el fin de concluir el proyecto satisfactoriamente, al finalizar el proceso de tareas y técnicas de recolección de datos se debería lograr dar respuesta al objetivo general.

Gráfico 4. Cuadro metodológico

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS
1.) Definir mediante el análisis de producto la relación de actividades y el recorrido de producto	1. Verificar que y en qué cantidades se va a producir. 2. Revisar la secuencia y cantidad de movimientos del producto en proceso. 3. Levantamiento de información de relación de actividades y proximidad entre ellas.	1. Diagrama de recorridos. 2. Diagrama de Hilos para conocer la relación de actividades. 3. Diagrama de procesos
2.) Analizar las necesidades de espacio requerido y el	1. Revisar la caracterización para saber la dependencia del proceso.	1. Consulta Sistema de Gestión el proceso del área.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS
espacio disponible para la mejor distribución	2. Verificar áreas disponibles para la implantación del proyecto. 3. Levantamiento de medidas área disponible	2. Plano del área actual 3. Plano área disponible.
3.) Realizar con los diagramas anteriores varias alternativas de distribución para la nueva planta	1. Utilizar las herramientas vistas para proponer alternativas. 2. Hacer una proyección de ventas para el siguiente año. 3. Calcular el tiempo de retorno de la inversión.	1. Comparación de ventajas y desventajas 2. Análisis de factores ponderados. 3. Comparación de costos.
4.) Evaluar las opciones propuestas de distribución, de acuerdo con los requerimientos de producción para la empresa	1. Una vez comparadas las distintas propuestas, evaluar la mejor. 2. Plasmar el diseño escogido en un plano a escala.	1. Elaborar plano a escala con la mejor propuesta. 2. Hacer los respectivos ajustes utilizando el plano a escala
5.) Seleccionar la mejor distribución de planta que esté acorde con las necesidades y requerimientos de Multiproyectos S.A.	1. Una vez escogida la selección se utilizará la herramienta de simulación.	1. Simular la opción escogida para validar las mejoras obtenidas

Fuente: El Autor 2016

1.5. MARCO REFERENCIAL

1.5.1. Multiproyectos S.A.

MULTIPROYECTOS S.A., empresa ubicada en la ciudad de Bogotá en el Centro Comercial Unilago Piso 3 (Oficinas Comerciales), oficinas propias en Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena, con representación en (Figura 14) Panamá, Costa Rica, Puerto Rico, Honduras, Guatemala, Perú, Venezuela, y con planta de producción en la Autopista Medellín Kilometro 12 Vereda La Punta, Tenjo (Cundinamarca) requiere el diseño de una planta de producción de sillas, con el fin de ampliar la participación en el mercado de Sistemas de Oficina Abierta, mejorar los tiempos de entrega, satisfacer las necesidades de sus clientes y ofrecer un servicio postventa.

La empresa se mueve en el mercado de la manufactura de diseño, compra y venta, importación y exportación de muebles para oficina abierta, para este nicho hay aproximadamente 150 empresas a nivel nacional, pero la competencia álgida

se ve en los proyectos de gran escala en el cual solo hay 4 o 5 empresas nacionales y otras 5 importadoras.

Son este grupo quienes realmente se reparten el mercado de clientes corporativos dada su capacidad instalada para dar respuesta a grandes clientes como el sector Financiero, Petrolero, Laboratorios Químicos, Tecnología e Información, Hospitales, Universidades, Empresas Aéreas y Productos Alimenticios.

Figura 14. Oficinas de representación de Multiproyectos S.A.

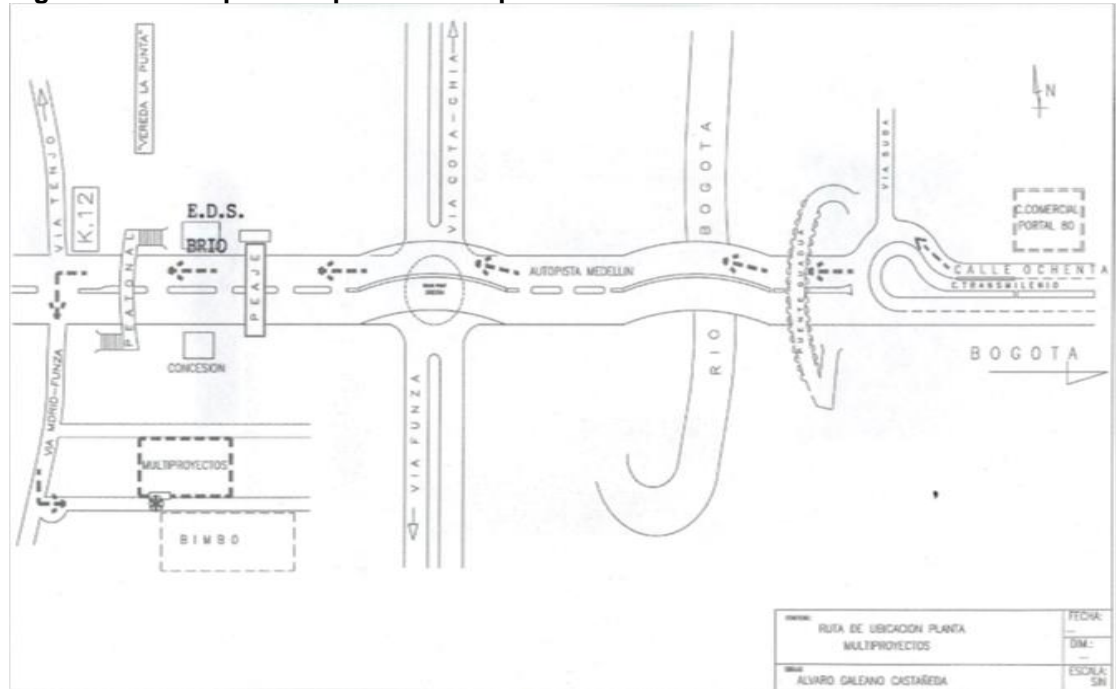


Fuente: El autor 2016

En la

Figura 15 se presenta la ubicación de la planta saliendo de Bogotá por la Calle 80, toda la explicación para que los visitantes la ubiquen rápidamente.

Figura 15. Plano para desplazarse a la planta MULTIPROYECTOS S.A.



Fuente: El autor, 2016

La empresa tiene una planta con capacidad instalada para la producción de mobiliario de oficina abierta de aproximadamente \$2.400 millones de pesos mensuales y cuenta con 235 colaboradores en todas las áreas tanto administrativas como productivas. En las siguiente figuras (Figura 16, Figura 17, Figura 18 y Figura 19) se ven las áreas fundamentales de la empresa Multiproyectos S.A. metalmecánica, maderas, especiales y pintura.

La Figura 16 muestra la dimensión y cantidad de máquinas de última generación del área de metalmecánica de la empresa, son máquinas de control numérico CNC.

Figura 16. Planta metalmecánica Multiproyectos S.A.



Fuente: El autor, 2016

Las máquinas seccionadoras y cortes especiales de madera Figura 17 son de control numérico CNC, y son un punto importante en el proceso productivo de la empresa dado la cantidad de muebles especiales que solicitan los clientes, para dar una imagen corporativa a su mobiliario.

Figura 17. Planta de maderas Multiproyectos S.A.



Fuente: El autor, 2016

En la Figura 18 están todos los centros de trabajo del área de especiales de la compañía, en esa sección como su nombre lo indica se hace el ensamble de muebles especiales, que no corresponden a las líneas de producto normal de la empresa.

Figura 18. Ensamble de especiales de Multiproyectos S.A.



Fuente: El autor, 2016

Por último en la Figura 19 está el área que le da los acabados a toda la parte metálica de toda la producción de la empresa, es una línea de pintura electrostática en polvo, que contempla lavado, pintura y secado de producto.

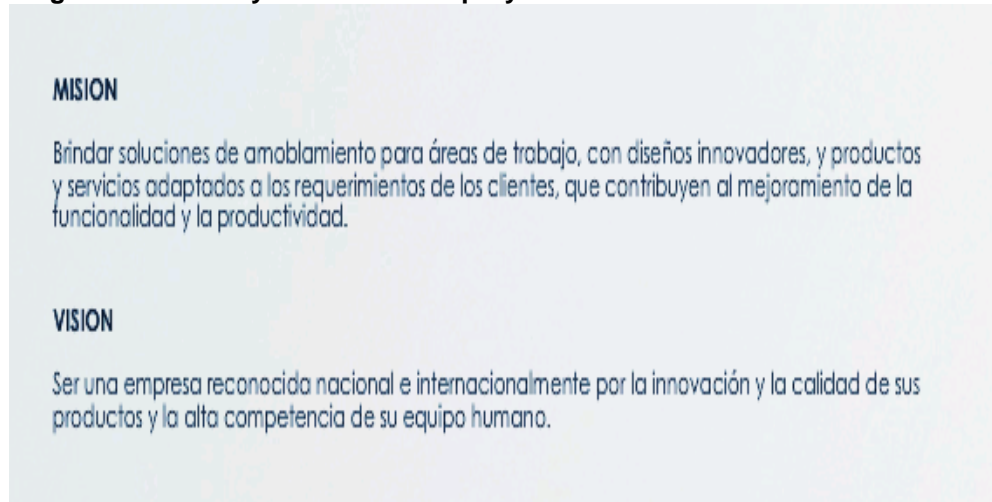
Figura 19. Área pintura electrostática de Multiproyectos S.A.



Fuente: El autor, 2016

La misión y visión (Figura 20) de la compañía Multiproyectos S.A. están encaminadas al mejoramiento continuo y lograr ser líderes en el mercado, en el cual se mueven, también mencionan la funcionalidad, productividad y calidad.

Figura 20. Misión y Visión de Multiproyectos S.A.



Fuente: Sistema Integrado de Gestión, 2016

1.5.2. Antecedentes Externos

Para los antecedentes el autor del presente proyecto tomó como ejemplo varias tesis de grado en los cuales se planteaba de una manera muy parecida los problemas con el diseño de nuevas plantas de producción. A continuación, un breve resumen del proyectos que al parecer del autor del presente planteo y desarrollo mejor sus objetivos, problemas y desarrollo planteado por los autores de la tesis.

1.5.2.1. Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico

En esta tesis para opción de grado como Ingeniero Industrial se evaluaron aspectos que generaban problemas en la producción y diseño de la planta que ya existía.

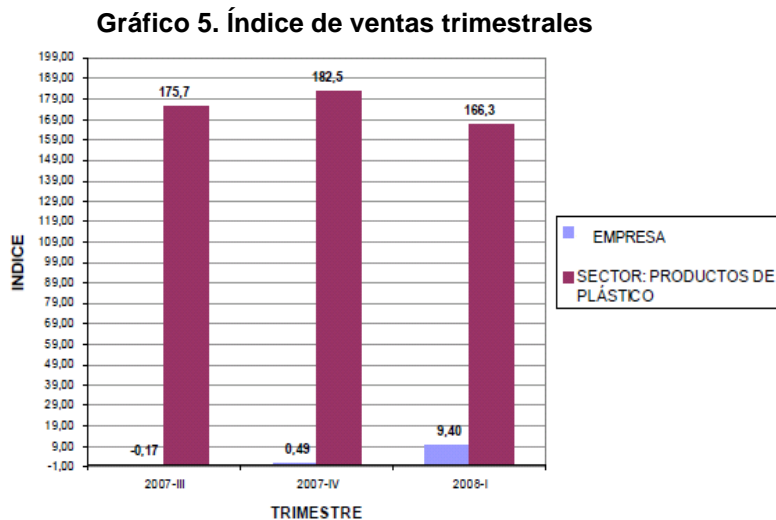
Entre los datos más relevantes que se encontraron según la lista de chequeo se encontraron grandes falencias por la falta de metodologías de planeación y programación de actividades enfocadas al proceso productivo de la empresa y a la vez se evidencio la falta de control de los mismos.

Cada punto de la lista de chequeo se evaluó dando valor de 1 a 5 donde cinco era la puntuación adecuada y eficaz de los temas señalados y uno, inexistencia del aspecto evaluado.

Los aspectos de mayor impacto y con la calificación más baja:

- Medición del nivel de defectos
- Eficiencia de planeación del proceso de producción
- Eficiencia en la distribución de planta
- Programación de la producción
- Programación de mantenimiento de maquinas

Como se puede observar en el siguiente gráfico (Gráfico 5) la empresa no está creciendo de acuerdo a como lo está haciendo el sector de los plásticos, por lo que se crea la necesidad de establecer nuevas estrategias para potencializar el uso de los recursos, con el fin lograr mayor crecimiento y aumentar la participación en el mercado.



Fuente: MANRIQUE Ariza, Darlene Andrea; Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. Tesis de grado; Pontificia Universidad Javeriana: 2008

El cumplimiento del plan de producción generado depende en gran medida, de las condiciones generales de las máquinas y equipos involucrados en el proceso. Por lo cual es de vital importancia generar programas de mantenimiento con el fin de evitar paradas causadas por fallas.

Como se menciona en el diagnóstico de la empresa, esta no cuenta con un plan de mantenimiento definido, lo que ha producido largas paradas en las líneas de producción.

Para asegurar que la planeación a diseñar funcione eficiente y efectivamente se debe realizar una distribución en planta que se ajuste de manera adecuada a las necesidades del proceso.

Otro gran problema que presenta la distribución actual de la planta de producción, son los numerosos transportes entre proceso, de hecho, muchas veces el operario tiene que transportar productos en proceso hasta 75 metros ya que la actual distribución de equipos y máquinas en planta, la cual no favorece la circulación corta y sin retrocesos de trabajadores.

En la planta hay zonas que no están siendo utilizadas adecuadamente, lo cual genera demoras en el traslado de material en los centros de trabajo.

Los objetivos que se plantearon para el desarrollo de esta tesis por parte del autor fueron:

General

Elaborar el diseño de un plan de producción y distribución de planta para una empresa del sector de fabricación de productos plásticos.

Específicos

- Desarrollar una estimación de la demanda de los productos actuales y de los proyectos planteados por la empresa mediante pronósticos y estudio de mercados respectivamente.
- Desarrollar un plan de producción que incluya los modelos adecuados de pronósticos, administración del inventario, planeación agregada, mecanismos de control y planeación del programa de mantenimiento de máquinas, que necesita la empresa para garantizar la satisfacción de la demanda estimada.
- Determinar la mejor distribución en planta que permita obtener el nivel adecuado de flujo de materiales, para garantizar el cumplimiento del plan de producción diseñado.
- Evaluar económicamente el diseño del plan de producción y distribución de planta para la empresa de fabricación de productos plásticos.

Planteamiento de la solución

Para desarrollar el plan agregado de producción se desarrollaron diferentes estrategias dependiendo de las condiciones de producción de los diferentes productos.


- Plan de inventario cero: Cada mes se produce justo la cantidad demandada y no hay almacenamiento

- Plan de fuerza de trabajo nivelada: Se usa el número de trabajadores para atender la demanda promedio mensual, se usa el inventario producido en periodo n pico para satisfacer la demanda en periodos pico. Se produce faltantes con horas extras, subcontratación.

Para el desarrollo del plan de diseño de planta se tienen en cuenta las herramientas de producción más adecuadas para el caso en específico. Para seleccionar el que más se ajuste a los requerimientos de producción de la empresa.

Para los mantenimientos de máquinas se elaboraron formatos (Cuadro 1) donde se hace referencia primero: al mantenimiento diario como lubricación, en este formato se diligencia las actividades por turno junto con la descripción completa de la máquina.

Cuadro 1. Ficha técnica mantenimiento de máquinas

DESCRIPCIÓN			CONDICIONES DE MAQUINARIA
Marca Klockner Windsor Actividad: Inyección de termoplásticos por moldeo Máquina: Inyectora			
Operario: 1			
Realizado por: Andrea Manrique Fecha: Noviembre 20/08 Aprobado por: Jorge Manrique Fecha: Noviembre 24/08			
Datos especiales: CARACTERÍSTICAS GENERALES			Esta máquina se usa para las piezas: Ref. S01, Ref. S02, Ref. S03, Ref. S04, Ref. S05, Ref. S08
Diámetro del husillo	mm.	75	
Presión de inyección	MPa.	165	
Volumen de inyección	cm ³	905	
Peso máximo de inyección	gr.	850	
TIPO		HIDRÁULICA	
MODELO		TWX 810-461	
MANTENIMIENTOS POR TURNO			
No. Parte			
1	Lubricación con grasa, del eyector		
2	Lubricación con aceite, del eyector		
3	Lubricación con grasa, de las barras de empate		
4	Lubricación con aceite, de las barras de empate		
10	Lubricación con aceite de la bomba		
12	Lubricación con grasa la unidad de inyección		
13	Lubricación con aceite la unidad de inyección		

Fuente: MANRIQUE Ariza, Darlene Andrea; Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. Tesis de grado; Pontificia Universidad Javeriana: 2008

La segunda parte comprende la información correspondiente a los mantenimientos programados semanales, mensual y anualmente, (Figura 21) en la cual se especifica el mantenimiento preventivo que debe llevarse a cabo, basándose en la estimación de las unidades que producirá por periodo.

Figura 21. Programación de mantenimiento

		AÑO 2009																																															
No. Piez	ACTIVIDAD	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMB.				OCTUBRE				NOVIEMB.				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
5	Limpiar boquilla de cierre de válvula	planeado	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
		ejecutado																																															
7	Chequear nivel del aceite de la caja y llenarlo si es necesario	planeado	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
		ejecutado																																															
14	Aumentar el nivel de fluido hidráulico	planeado	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
		ejecutado																																															
6	Lubricación con grasa del soporte del cilindro de inyección	planeado	x																																														
		ejecutado																																															

Fuente: MANRIQUE Ariza, Darlene Andrea; Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. Tesis de grado; Pontificia Universidad Javeriana: 2008

Para el diseño de la planta de producción se tuvieron en cuenta los siguientes criterios con el fin de hacer un diseño acorde a las necesidades del proceso de producción.

- Movimiento de material: Minimizar la distancia de circulación del material entre las diferentes secuencias del proceso.
- Circulación del trabajo: Ahorro de espacio y tiempo mediante la mejor disposición de áreas de trabajo.
- Utilización efectiva del espacio: Minimizar el costo por área de trabajo como resultado de una mejor utilización del espacio.
- Flexibilidad: Ofrecer la posibilidad de reordenar parte de la integración de la planta con un mínimo costo.

Cuadro 2. Calificación por criterios

CRITERIO		CALIFICACIÓN
A	Movimiento de material	3
B	Circulación del trabajo	5
C	Utilización efectiva del espacio	4
D	Flexibilidad	2

Fuente: MANRIQUE Ariza, Darlene Andrea; Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. Tesis de grado; Pontificia Universidad Javeriana: 2008

En los siguientes cuadros (Cuadro 3, Cuadro 4) se presenta la evaluación de cada una de las técnicas para la distribución de planta, y su correspondiente calificación de acuerdo a la tabla anterior.

Cuadro 3. Técnicas de distribución en planta

TÉCNICA	CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN
Distribuciones con posiciones fijas.	Esta distribución se desarrolla cuando los productos son demasiado pesados, por lo que permanecen fijos y la distribución se basa en el tamaño y forma de este.	A = 3 B = 0 C = 0 D = 0 TOTAL = 3
Distribuciones por proceso.	La distribución por proceso es común cuando los tamaños de producción son de pequeño y mediano volumen. En la cual se agrupa máquinas similares que tienen funciones parecidas y además es efectiva cuando hay una amplia variación en la mezcla de productos. Es común para empresas pequeñas.	A = 3 B = 5 C = 4 D = 2 TOTAL = 14

Fuente: MANRIQUE Ariza, Darlene Andrea; Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. Tesis de grado; Pontificia Universidad Javeriana: 2008

Cuadro 4. Continuación técnica de distribución en planta

TÉCNICA	CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN
Distribuciones basadas en tecnologías de grupo.	Este tipo de distribución es adecuada para compañías grandes que producen una amplia variedad de partes para volúmenes de moderados a altos.	$A = 3$ $B = 5$ $C = 4$ $D = 0$ TOTAL = 12
Distribuciones por producto.	En la distribución por producto las máquinas están organizadas para conformar la secuencia de operaciones requerida para generar el producto. Esta distribución es típica en la producción de alto volumen.	$A = 0$ $B = 5$ $C = 4$ $D = 2$ TOTAL = 11

Fuente: MANRIQUE Ariza, Darlene Andrea; Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. Tesis de grado; Pontificia Universidad Javeriana: 2008

Implementación del proyecto

Con la habilitación de los espacios que estaban más utilizados y el rediseño de la planta de producción se logró una disminución en los recorridos del 12% lo cual se evidencia en el siguiente diagrama de flujos (Figura 22).

Figura 22. Diagrama de flujo de producción

				Resumen					
				Actual			Propuesto		
				Simb.	Nº	Tiem.	Dist.	Nº	Dist. mt.
Empresa: KIOX Proceso: Inyección Cant: 400 piezas Diagrama: Andres Manrique Fecha: Octubre 10 de 2008 Método: Operio Tipo: propuesto				○	5			6	
				□	1			1	
				▽	3			2	
				→	3		16,173	2	162,40
				⬇	0			0	
				Total					
Nº	Actividad	○	□	▽	→	⬇	Tiempo	Dist. Mt.	OBSERVACIONES
1	Zona de almacenamiento	○	□	▽	→	⬇			
1	Mezclar material con colorante	○	□	▽	→	⬇			
1	A la tolva de la inyectora	○	□	▽	→	⬇		22,4	En la inyección de 400 piezas el operario debe cargar al menos 4 bultos
2	Alimentar tolva	○	□	▽	→	⬇			
3	Inyectar	○	□	▽	→	⬇			
1	Revisar	○	□	▽	→	⬇			
4	Rebaber	○	□	▽	→	⬇			
2	A zona de almacenamiento B	○	□	▽	→	⬇		120	El operario traslada las piezas en arzones de aprox 20 unidades, con carretilla industrial
5	Organizar y contar	○	□	▽	→	⬇			
2	Zona de almacenamiento B	○	□	▽	→	⬇			

Fuente: MANRIQUE Ariza, Darlene Andrea; Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. Tesis de grado; Pontificia Universidad Javeriana: 2008

El proyecto también buscó establecer la inversión necesaria para implementar los cambios planteados (Tabla 1).

Tabla 1. Inversión con el nuevo diseño de planta

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
Traslado de máquina Tempsa a la planta		
Servicio de montacargas	2 Dos montacargas con capacidad de 12 toneladas cada	\$ 1.200.000,00
Mantenimiento máquina Tempsa		
Aceite	5 Gal.	\$ 4.500.000,00
Partes eléctricas		\$ 1.000.000,00
Servicio de mantenimiento (Técnico especialista)		\$ 4.000.000,00
Molde asiento estadio		\$ 20.000.000,00
Molde Petfeed		\$ 12.000.000,00
TOTAL		\$ 42.700.000,00

Fuente: MANRIQUE Ariza, Darlene Andrea; Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. Tesis de grado; Pontificia Universidad Javeriana: 2008

Las principales conclusiones alcanzadas por el estudio son:

- La planeación de la producción de pronósticos son herramientas muy útiles para poder anticiparse a las necesidades del mercado y dimensionar todos los recursos para responder a dicha demanda.
- Contar con una variada línea de productos que atienda las necesidades de diferentes mercados, como se propuso en este trabajo, le permitirá a la empresa contrarrestar periodos de baja demanda de determinados productos.
- Un aspecto muy importante es la implementación de técnicas para la búsqueda del aumento de la productividad, para esto la empresa presenta una gran ventaja, ya que por ser pequeña es más fácil fomentar este tipo de ideologías.

1.5.2.2. Análisis de antecedentes.

Según todos los textos consultados y después de evaluar las herramientas que estos recomiendan, los que más se asemejan a la solución del problema planteado es un SLP en una planta de sistema de producción Pull (Sistema de jalar en respuesta a la demanda) y sistema de producción Flow Shop.

Estas herramientas antes mencionadas son las más acertadas al proceso de producción de la Planta de Sillas para Multiproyectos S.A. debido a su sistema de producción ya que básicamente todo el producto en producción requiere la misma secuencia en el proceso independientemente de las referencias y acabados.

1.5.3. Marco teórico

En la documentación para la elaboración de este proyecto el autor se valió de varias tesis y textos de los cuales extrajo conceptos que contextualizan todas las implicaciones necesarias para el diseño o rediseño de plantas de producción.

Para poder elaborar un buen trabajo en el diseño de una planta de producción se deben tener en cuenta unas variables sencillas pero muy importantes, por ejemplo: ¿qué capacidad de producción se requiere en la planta?, ¿Cuánto personal requieren?, ¿Qué tipo de producción manejan?, ¿Cuál es el nivel de ventas y cuál es la proyección?, ¿Cuál es el área disponible?, ¿Cuál es el presupuesto? Etc.

Existe una gran variedad de metodologías aplicadas para diseñar y analizar una buena distribución física de la planta de producción, como procedimientos matemáticos, o software de modelos matemáticos.

Entre las más utilizadas está el SLP (Systematic Plan Layout), es una técnica de análisis que generalmente es realizado por personal de la empresa, está basado en las relaciones entre áreas para establecer unos grados de cercanía entre ellas. Luego de ver la relación entre áreas y separarlas, se van moviendo hasta dejar más cerca aquellas que tienen mayor unión productiva.

También se encuentra el QAP (Quadratic Assignment Problem), utilizada como caso especial debido a que esta asume que todos los departamentos son iguales, y su función es asignar un departamento a cada área disponible dejando más cerca las de mayor relación entre sí.

El modelo matemático LIMP, que es un caso de diseño espacial de distribución de plantas, se utiliza cuando el proceso productivo tiene una forma especial (Anillo, U, L), asume que el flujo del proceso es directo. Su función específica de análisis es reducir las distancias de transporte.

“La decisión de distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es

disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico” (Chase y Aquilano, n.d. p.374).

“La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio” (Chase y Aquilano, n.d. p.374).

Los problemas más recurrentes en el diseño de una planta de producción son la distribución, la expansión, traslado o reorganización. Para lograr tener una mejor visión de lo importante y lo que significa esto en los procesos productivos en una empresa se consultaron algunas tesis sobre proyectos de diseño de plantas.

1.5.3.1. Principios básicos para la distribución en planta

Con el fin de hacer una distribución más eficiente y los procesos más óptimos de deben tener en cuenta los siguientes principios.

- ✓ Principio de la integración
La integración óptima será aquella que incluya todas las partes que intervienen en el proceso llámese, trabajador, maquinas, equipos, áreas etc. de tal manera que funcionen como un solo equipo y para todas las áreas.
- ✓ Principio de la mínima distancia
Es aquella que permite mover el producto en una distancia corta entre las operaciones que intervienen en el proceso. Se debe procurar el ahorro reduciendo la distancia del recorrido instalando operaciones consecutivas.
- ✓ Principio de la circulación
Como complemento de la mínima distancia, será mejor aquella distribución que tenga ordenada en la misma secuencia del proceso de un producto.
- ✓ Principio del espacio cúbico
Utilizando los espacios verticales y horizontales se hará una distribución más económica y eficiente. Una buena distribución es aquella que aprovecha las tres dimensiones.
- ✓ Principio de la satisfacción y seguridad

Todo aquello que le genere al trabajador confianza, satisfacción y seguridad dará un plus a la distribución de planta. Se reducen los accidentes de trabajo y los riesgos de enfermedades profesionales se reducen.

✓ Principio de la flexibilidad

Esta flexibilidad es aquella que permite que la planta sea reorganizada en el menor tiempo posible y con el mínimo de recursos causando lo menos posibles inconvenientes al proceso de la empresa.

1.5.3.2. Systematic Layout Planning

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza. En este método se analiza la distribución teniendo en cuenta los factores de naturaleza cualitativa. Se aplica generalmente en aquellos casos en donde los flujos del proceso son muy variables o no son constantes, o sea en los cuales no hay rutas marcadas, o bien puede servir para la distribución de oficinas de puestos de trabajo generales.

La ventaja de aquellos que utilizan el SLP para la distribución de planta es que es muy sencilla ya que en el desarrollo se obtienen los lineamientos de cómo implementar paso a paso una óptima distribución de planta.

El texto consultado para conocer más a fondo el tema de la distribución SLP fue Distribución en Planta de Richard Muther, en donde el autor explica qué es lo que se quiere lograr al hacer una buena distribución que al final se traduce en la reducción del costo de fabricación.

A continuación, se enumeran las mejoras que se pueden obtener al realizar una buena distribución de planta, que, al traducirlas en costos y efectividad de producción, generarían una mejor productividad y mayor utilidad.

- Reducción de riesgos laborales
- Sentido de pertenencia de los colaboradores
- Incremento en producción
- Pocos retrasos en la producción
- Disminución de áreas ocupadas (producción, almacenamiento y servicio)
- Bajo manejo de materiales
- Mejor uso de la maquinaria, mano de obra y servicios
- Poco material en proceso
- Bajar tiempos de producción

- Supervisión del proceso más adecuado y fácil
- Más fácil ajustar cambios

El texto de consulta “Distribución de Planta” de Muther también enumera 6 principios y/u objetivos básicos que se requieren para una buena distribución de planta en un sistema productivo.

- Principio de la integración de conjunto:

Este principio tiene que ver con una integración acorde entre trabajadores, maquinaria, y producto de tal forma que toda la planta sea una sola máquina.

- Principio de la menos distancia recorrida:

No es factible eliminar el recorrido de los materiales, pero si se puede hacerlos más acorde a las necesidades. Estos traslados no agregan un valor al producto final. Este principio se debe desarrollar dejando las operaciones seguidas o sucesivas de tal forma que se disminuya el traslado de materiales.

- Principio de la circulación o flujo de materiales:

Este principio es un complemento del anterior ya que lo que se busca es que todas las actividades queden en secuencia para evitar el movimiento de materiales por largas distancias, lo que se busca es que la operación anterior deje el producto en un solo lugar para que la operación siguiente lo recoja y no tenga desplazamientos inoficiosos.

- Principio del espacio cúbico:

Este principio invita a utilizar el espacio horizontal y vertical, para hacer un mejor uso del espacio tridimensional, dado que el producto y el trabajador se pueden movilizar en cualquiera de las tres direcciones.

- Principio de la satisfacción y la seguridad:

Este principio se refiere a la moral con la que un trabajador efectúe sus actividades y a eliminar las actividades riesgosas para los mismos. Para esto se debe lograr una distribución de planta que haga de las actividades más satisfactorias y seguras para los colaboradores.

- Principio de la flexibilidad:

Este principio se refiere a que las necesidades de producción son cambiantes y se debe tener una planta que sea fácil reorganizar, ajustar y/o ordenar con menos inversión.

Pasos para aplicar un buen desarrollo de un SLP:

1. Determinar las relaciones entre áreas y/o actividades.
2. Elaborar diagrama de las relaciones.
3. Proponer el Layout.

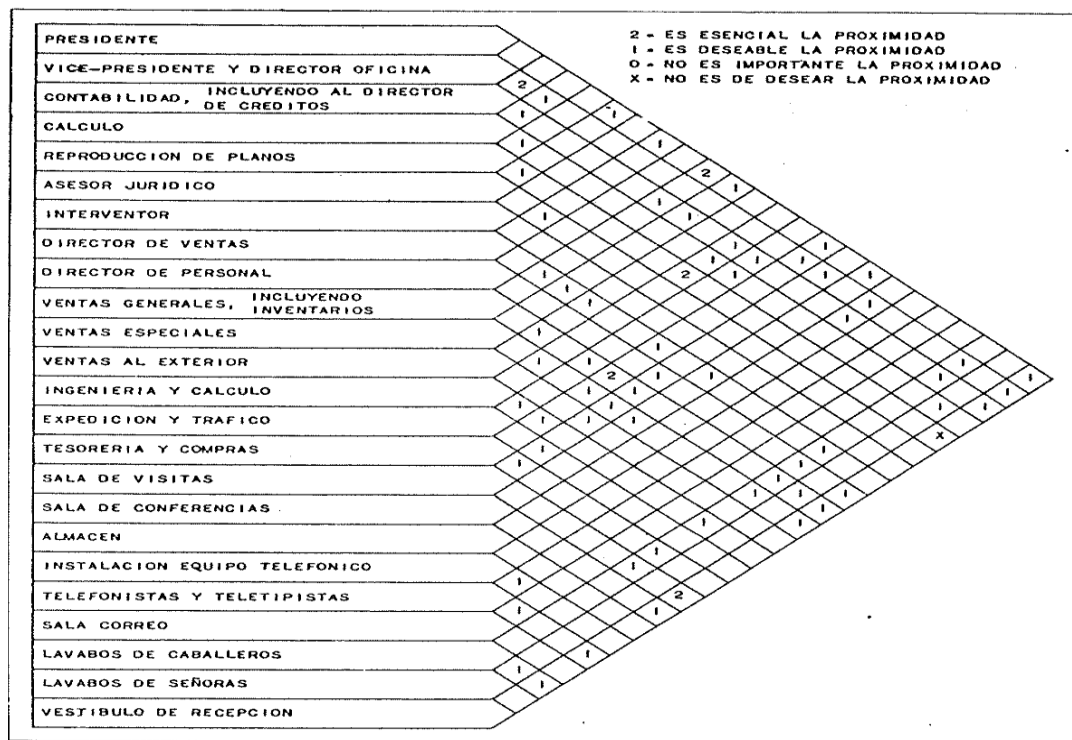
A continuación se presenta la descripción ejemplificada de cada uno de estos tres pasos:

- Determinar las relaciones entre áreas y/o actividades.

En la

Figura 23 se evidencia una tabla cuadriculada en la cual se verifica la importancia de relación entre dos áreas de personal. Cada recuadro está dividido en dos partes inferior y superior, en las cuales se deben tener en cuenta tipo de relación y causa de la relación.

Figura 23. Diagrama de relación entre áreas



Fuente: Libro Distribución de Planta de Richard Muther, Editorial Hispano Americana, 4 Edición, Pagina 241.

En la (Figura 24) se obtuvieron los pasos y/o actividades a ejecutar en la planta a diseñar, con el fin de más adelante validar con el diagrama de relaciones las calificaciones para cada área.

Figura 24. Razón para la relación entre áreas

Código	Motivo
1	Tipo del cliente
2	Fácil de supervisar
3	Personal común
4	Contacto necesario
5	Precios similares
6	Psicología

Fuente: <http://davinci.ing.unlp.edu.ar/produccion/catingp/transparencias%20distribucin.pdf>

En la (Figura 25) se evidencian las relaciones cualitativas entre las diferentes áreas en una escala de letras y valores.

Figura 25. Importancia de la cercanía, código de líneas

Valor	Cercanía	Código de línea	Pesos numéricos
A	Absolutamente necesario	=====	16
E	Especialmente importante	=====	8
I	Importante	=====	4
O	Normal u Ordinaria	=====	2
U	Poco importante		0
X	No recomendable	=====	80

Fuente: <http://davinci.ing.unlp.edu.ar/produccion/catingp/transparencias%20distribucin.pdf>

En la (**Figura 26)** el autor del proyecto de consulta recalca las calificaciones asignadas a cada área con la que se tiene relación entre departamentos.

Figura 26. Tabla de relación entre departamentos

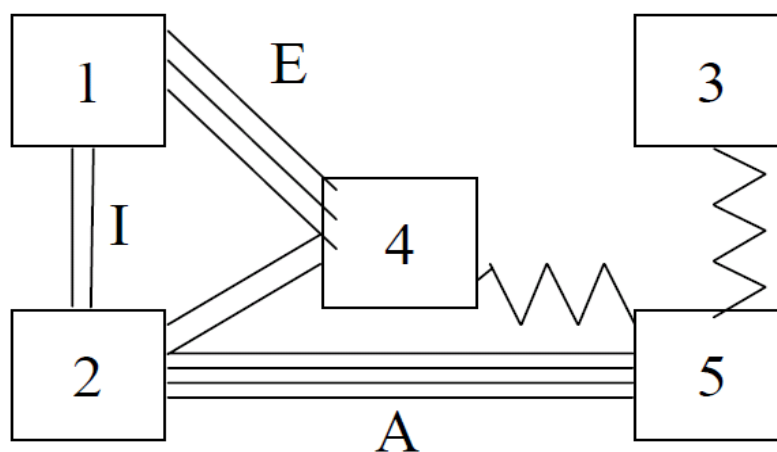
De	Para				Area (sq. ft.)
	2	3	4	5	
1. Depto de crédito	I	U	A	U	100
	6	--	4	--	
2. Depto de juguetes		U	I	A	400
		--	1	1,6	
3. Depto de vinos			U	X	300
			--	1	
4. Dpto electrónica				X	100
				1	
5. Dpto dulces					100

Fuente: <http://davinci.ing.unlp.edu.ar/produccion/catingp/transparencias%20distribucin.pdf>

- Elaborar diagrama de las relaciones.

En la Figura 27 se elabora un diagrama que muestra gráficamente la relación entre los diferentes departamentos de la planta y su grado de importancia. Esta relación de actividades se va diseñando tantas veces como sea necesario hasta que se logre satisfacer las relaciones más importantes.

Figura 27. Diagrama de relaciones entre áreas

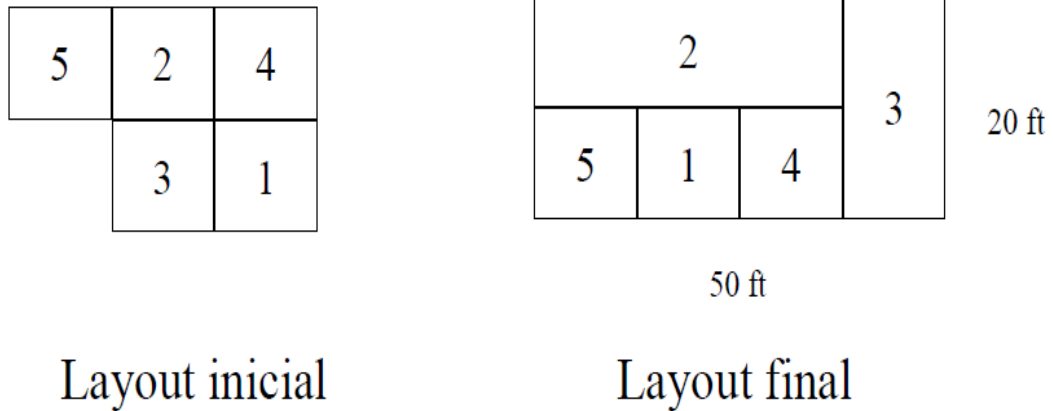


Fuente: <http://davinci.ing.unlp.edu.ar/produccion/catingp/transparencias%20distribucin.pdf>

- Proponer el Layout.

En la Figura 28 una vez se ve gráficamente la relación entre áreas, se procede a hacer un diagrama de bloques, con el que se busca ubicar las áreas que tengan una relación A, esto se logra moviendo físicamente los departamentos en el diagrama.

Figura 28. Layout propuesto para el ejemplo



Ignorando restricciones
de espacio y edificio

Ajustada por necesidad
y tamaño del edificio

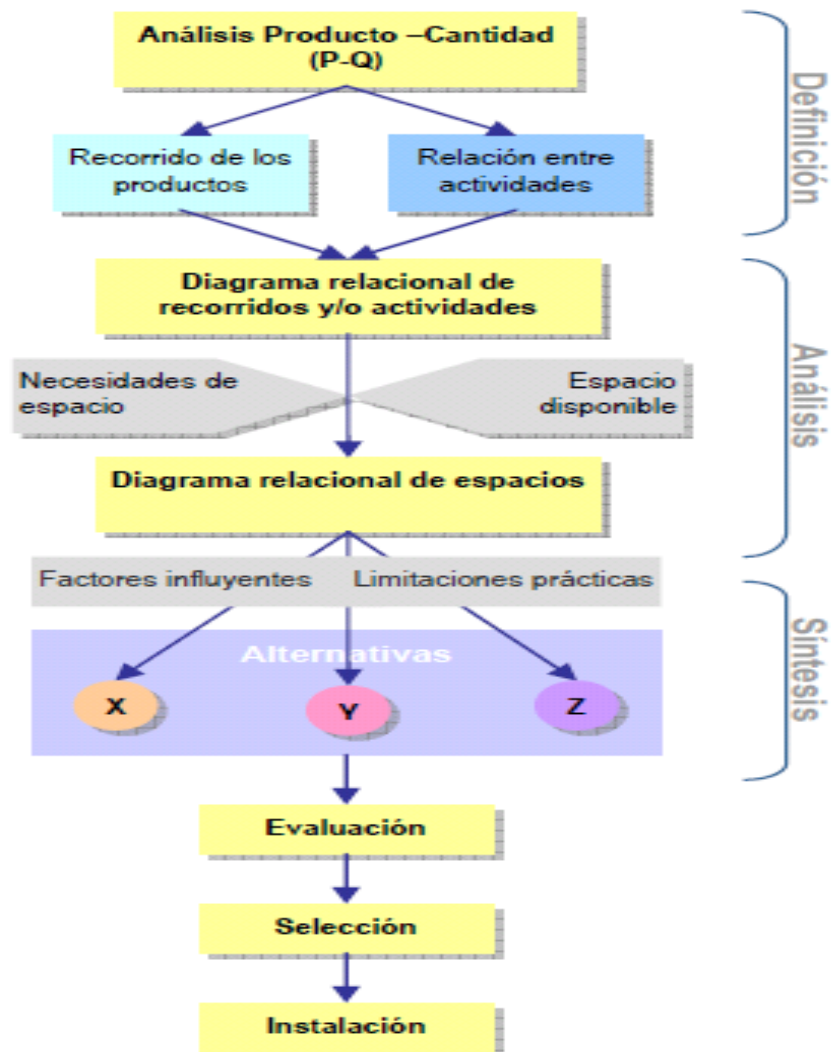
Fuente: <http://davinci.ing.unlp.edu.ar/produccion/catingp/transparencias%20distribucion.pdf>

La planeación sistemática de la distribución en planta (SLP), es la más comúnmente aceptada para desarrollar los problemas de distribución de planta, fue desarrollada para el diseño de todo tipo de plantas independientemente del nicho en que se mueva.

Este sistema fue desarrollado por Richard Muther en 1961 quien describe que permite identificar, valorar y ver todos los procesos involucrados y las relaciones entre ellos. El SLP debe tener en cuenta las etapas contempladas en la figura 43.

En la Figura 29 el Ingeniero Richard Muther da una cronología de etapas para el desarrollo de una distribución de planta, utilizando todos los diagramas antes mencionados

Figura 29. Etapas para desarrollo de un SLP



Fuente: Esquema de Systematic Layout Planning (Murther, 1981. P.68)

Definición:

El análisis de producto y cantidad tiene que ver con (P - Producto) son los componentes, materiales y productos finales que tienen que ver con el proceso. (Q - Cantidad) es la cantidad de materiales que se requieren para finalizar el proceso.

Análisis:

Para esta fase se debe incluir unas etapas que serán básicas para proponer una buena distribución de planta: Flujo de materiales, Relación entre actividades, Diagrama relacional de actividades, Factores influyentes, Limitaciones prácticas, Diagrama relacional de espacios.

Síntesis:

Para el desarrollo de esta etapa se tienen en cuenta Los Factores influyentes y Las Limitaciones prácticas, para elaborar distintas alternativas, dado que tiene mucho que ver las limitaciones de confort y las limitaciones externas como la ubicación de la planta.

Evaluación, Selección e Implantación:

A partir de la fase de síntesis se debe evaluar la opción más óptima, para esto se debe tener en cuenta los principios antes mencionados, terminado esto se selecciona la más adecuada y se procede a su respectiva implementación.

- Localización: Si se trata de una planta nueva se busca una posición competitiva satisfaciendo algunas necesidades relevantes. Si se trata de una redistribución el factor a tener en cuenta es si seguirá donde está o se ubicará en unas instalaciones nuevas.
- Distribución: Se tiene en cuenta el flujo de proceso para la planta rediseñada y el tamaño de la misma, la actividad principal del proceso del área, no se tiene en cuenta la distribución final.
- Distribución detallada: Es la planificación de donde van a ser ubicados las áreas de trabajo, equipos, máquinas, y el plan detallado de la distribución.
- Instalación: Implica los movimientos y ajustes, conforme se va haciendo la instalación de puestos y equipos hasta llegar a la instalación planificada.

1.5.3.3. Facility Layout Planning (FLP).

El proceso de determinar la mejor organización física del sistema de producción se define como el problema de distribución de planta o FLP (facility Layout problem).

El problema de FLP consiste en que se busca lograr con el uso de software la mejor distribución a través de métodos informáticos. Entre los más utilizados están DFLP, QAP y el MIP, que se basan en la menor distancia entre departamentos teniendo en cuenta la relación y la dependencia entre estos, estos métodos a pesar de que resuelven el problema, no garantizan una solución óptima.

Para soluciones a problemas FLP, se encuentran diferentes programas para métodos gráficos. Entre los más utilizados están LOGIC, SHAPE y CRAFT, los cuales buscan minimizar las lejanías entre departamentos, solución al problema mediante la aplicación de diferentes métodos.

Para solucionar problemas de distribución de planta basados en sistemas FLP se utilizan diferentes programas, entre los más destacados esta GAMS. Una vez se ingresan los datos, el software procederá a realizar varias iteraciones hasta encontrar la solución óptima. Estos paquetes informáticos presentan problemas a medida que aumentan las variables como restricciones de producción, tamaño de la planta y cantidad de departamentos debido a que la complejidad del ejercicio también aumenta y esto hace que se sature el paquete informático y se demore en dar la solución.

“El problema de distribución de planta (FLP) consiste en el establecimiento de la organización física de los departamentos, equipos y demás recursos dentro de las instalaciones. La mayor parte de la literatura se ha enfocado en el objetivo de reducir los costos de manejo de materiales. El enfoque tradicional del problema de distribución de planta es estático, sólo tiene en cuenta un período u horizonte de planeación y determinístico asume demandas, flujos y relaciones constantes, dos supuestos que, por lo general, no se adaptan a la realidad de las empresas” (Rivera, Cardona y Rodriguez, 2012, p.10).

El FLP ha sido ampliamente estudiado, debido a su impacto en los costos operativos de las organizaciones, ya que el manejo de materiales generalmente representa el 87% del tiempo de producción, el 25% de los empleados, el 55% del espacio de la fábrica, entre el 15 y el 70% del costo total del producto terminado, (Thompkins, p164) y entre un 20 y un 50% de los costos de producción, (Ciganivoc y Tates, 2006, p.27). Se han desarrollado diversos estudios sobre el FLP con el objetivo de minimizar los costos de operación y maximizar la eficiencia dentro de una planta.

Un proyecto de redistribución de planta es un programa de actividades requeridas para mejorar el desempeño del sistema, mediante la reorganización de los recursos y equipos desde las posiciones actuales a nuevas posiciones.

Una planeación de instalaciones eficaz puede reducir los costos de manejo de materiales entre 10 y 30%.

“En la práctica son más comunes los proyectos de redistribución de planta” (Kulturel-Konak, Smith y Norman, 2007, p.747), debido a los cambios en las tecnologías de manufactura, en el diseño del producto, en el proceso de manufactura, en la situación del mercado, en las rutas de producción de los productos, en las regulaciones de seguridad, entre otros (Vijayvargiya 1994, p.3).

Esta volatilidad del entorno genera que la vida efectiva de los sistemas de producción se reduzca.

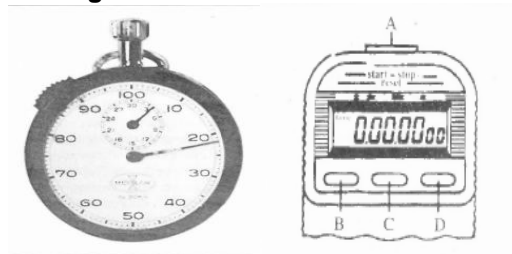
1.5.3.4. Tiempos y movimientos

Las Herramientas para la toma de tiempo tienen radical importancia en este proyecto. A continuación, una reseña de las mismas.

- **Cronómetros.**

Se pueden utilizar dos clases de cronometro (Figura 30) que son: 1.) Cronómetro con decimales de minuto 2.) Cronómetro digital que es el más apropiado para la toma de tiempos.

Figura 30. Clases de cronómetros



Fuente: Niebel B. W., Freivalds A. Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. Ed. Alfaomega. ED. 11a. México 2004

Los cronómetros electrónicos que son los más utilizados en la toma de tiempos, entregan una resolución de 0.001 segundos y dan una exactitud de más o menos 0.002% y son muy livianos lo cual facilitan la manipulación.

- **Formatos de toma de tiempos.**

Es un formato (Figura 31) que contiene todos los campos necesarios para registrar toda la información recolectada en el ejercicio. Se diligencia con toda la información necesaria y trae campos que son complementos y no necesariamente deben ser diligenciados.

En este formato se debe tener en cuenta el tiempo observado (TO) que es aquel que tiempo dura la actividad antes de empezar la siguiente. Calificación (C) es aquella que se da al operario dada su habilidad para ejecutar la tarea, cuando el observador no conoce bien el proceso se maneja calificación de 10 en 10, cuando ya es un poco conocida se utiliza la calificación de 5 en 5. Tiempo Normal (TN) es aquel que se obtiene multiplicando el TO * C = TN.

El cálculo de los tiempos estándar se desarrolla de acuerdo con los siguientes criterios.

- **Desempeño estándar**

Se mide con base en el desempeño de un colaborador u operario con una vasta experiencia en su labor, en condiciones normales o cotidianas para él, a una velocidad ni muy rápida ni muy lenta, pero que tenga un ritmo regular durante todo el día. Por lo general se tienen en cuenta trabajadores capaces de laborar sin supervisión y que posean una buena coordinación física y mental. Para esto el analista debe tener en cuenta la valoración del ritmo del operario, el cronometraje y si hay suplementos.

- **Calificación de desempeño**

Para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado el método de calificación de velocidad o rapidez, que consiste en dar un valor a una actividad que se conoce de antemano con un trabajador que calificado que elabora y/o hace una actividad, se asigna un valor del 100% a la actividad que se desarrolla en un tiempo normal, 90% a una actividad que se hace 10% más lento de lo normal y 110% a una actividad que se hace un 10% más rápido de lo normal.

Figura 31. Ejemplo de formato para toma de tiempos con cronómetro a cero

Forma para observación de estudio de tiempos										Fecha: 20/07/2017				Fecha: 20/07/2017				Página: 1 de 1			
Observación: Incluir en estudio										Observación: Incluir en estudio				Observación: Incluir en estudio							
ELEMENTOS DE LA Y DESCRIPCION										ELEMENTOS DE LA Y DESCRIPCION				ELEMENTOS DE LA Y DESCRIPCION							
Nota	Ciclo	C	SC	TD	TN	C	SC	TD	TN	C	SC	TD	TN	C	SC	TD	TN				
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					

Resumen	
Tiempo total	2400
Calificación	100
Tiempo total	2400
Normal de observación	10
Tiempo normal	2400
Número de suplementos	17
Tiempo normal observado	2400
Número de suplementos	17
Tiempo estándar	2400

Elementos extraños		Normalización de tiempos		Resumen de suplementos	
Nota	TE	SC	TD	Normalización	Normalización
A				Tiempo normal	2400
B				Tiempo transcurrido	2400
C				Tiempo	2400
D				Tiempo total	2400
E				Tiempo observado	2400
F				Tiempo normal	2400
G				Tiempo observado	2400
H				Tiempo normal	2400
I				Tiempo observado	2400
J				Tiempo normal	2400
K				Tiempo observado	2400
L				Tiempo normal	2400
M				Tiempo observado	2400
N				Tiempo normal	2400
O				Tiempo observado	2400
P				Tiempo normal	2400
Q				Tiempo observado	2400
R				Tiempo normal	2400
S				Tiempo observado	2400
T				Tiempo normal	2400
U				Tiempo observado	2400
V				Tiempo normal	2400
W				Tiempo observado	2400
X				Tiempo normal	2400
Y				Tiempo observado	2400
Z				Tiempo normal	2400

Fuente: Niebel B. W., Freivalds A. Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. Ed. Alfaomega. ED. 11a. México 2004

- **Tiempo Normal**

Es aquel que se obtiene al multiplicar la calificación dada a la operación en cada toma de tiempo por el tiempo observado.

- **Método Continuo.**

Es eficiente porque se obtiene un registro de todo el ejercicio, pero requiere más audacia del observador dado que tiene que estar pendiente cuando termina la actividad y empieza una nueva, tomando registro de cada una. Tiene una gran ventaja con el método de regreso a cero, dado que el observador puede tener en cuenta los tiempos extraños, retrasos etc.

- **Método de regreso a cero.**

Este método tiene sus ventajas y desventajas, una gran ventaja es que se puede diligenciar la información de una vez en el formato dado que no tiene que hacer restas como con el método continuo. En este método no tiene en cuenta los retrasos ni se anotan en la planilla o formato.

1.5.4. Marco conceptual

Lo primero a tener en cuenta para diseñar la planta de producción es conocer el producto que se fabrica, referencias que utilizan para el mismo y la capacidad de producción, para luego organizar las áreas de trabajo de acuerdo con los procesos que se manejen en la terminación de un producto ya que el objetivo de un Layout es organizar de una forma racional todo lo que implique el proceso de producción.

Se debe analizar el proceso productivo y todo lo que ello conlleva como transporte, movimiento de producto en proceso o terminado, almacenes, zonas de cargue, zonas administrativas y espacios sociales y auxiliares.

Al margen de los métodos utilizados, la distribución de planta puede dar una solución subjetiva. Si se conocen los requerimientos se puede llegar a una buena distribución que probablemente no sea la mejor, pero si cumpla con los requerimientos que al inicio se establecieron.

Para esto se debe tener en cuenta todos los tiempos involucrados en el proceso, con el fin de hacer más eficiente y económico todo el procedimiento, por lo tanto se debe tener claro el mapa de procesos (Chase, Jacobs y Aquilano, 2005, p.166).

- **Productividad:** Diversos factores influyen en la productividad a la hora de un diseño de plantas, como la minimización de movimientos, la capacitación de los colaboradores. Si se balancean las operaciones se evita que todos los actores del proceso pierdan tiempo valioso.

- Eficiencia: Una razón de la producción real de un proceso en relación con algún estándar.
- Tiempo de recorrido: Tiempo necesario para la producción de un lote.
- Tiempo de preparación de máquinas: Tiempo que toma preparar una máquina para hacer un producto en particular.
- Tiempo de operación: Es la suma del tiempo de preparación y el tiempo de recorrido para la producción de un lote de partes que pasan por una máquina.
- Tiempo de rendimiento: Tiempo promedio que se requiere para que una unidad se mueva a lo largo de un proceso.

Teniendo claro estos tiempos se debe analizar cómo reducir los tiempos de rendimiento del proceso, como desempeñar actividades en paralelo, cambiar secuencia de las actividades o reducir las interrupciones.

El diseño del trabajo tiene como objetivo desarrollar estructuras que satisfagan las necesidades de la organización y los requerimientos de quienes desempeñan el trabajo. Estas pueden estar afectadas por diferentes variables.

Para poder planificar la planta de producción se debe tener en cuenta los formatos de distribución en planta que recomienda la literatura consultada de acuerdo a las características del producto a fabricar.

- Distribución por procesos: Es aquella en la que las maquinas se agrupan de acuerdo con el proceso que efectúen, se agrupan por áreas.
- Distribución por producto: Es aquella cuyas máquinas están secuenciadas de acuerdo con el proceso, para que producto vaya pasando de una en una hasta terminar todo el proceso.
- Distribución por células: Se agrupan las maquinas o centros de trabajo teniendo en cuenta que sean procesos similares. El concepto es muy parecido a la distribución por procesos.

- Distribución por posición fija: Es aquella en la que el producto no se mueve del centro de trabajo, sino que los operarios van hasta ella, ya sea por su tamaño o peso.

Como complemento de lo anterior hay que tener en cuenta las rutas de flujos de operaciones, balanceo de operaciones, transporte entre áreas y todo aquello que influya en el valor del producto a fin de hacer un diseño que le aporte eficacia y eficiencia al proceso.

Una buena distribución de los centros de trabajo es de una gran importancia en el diseño de una planta de producción, ya que puede generar grandes ventajas competitivas al facilitar el flujo de materiales y de la información.

Indicaciones de una buena distribución para las operaciones de manufactura, (Chase, Jacobs y Aquilano, 2005, p.230).

- Patrón de flujo en línea recta
- Los retrocesos se mantienen al mínimo
- El tiempo de producción es predecible
- Poco almacenamiento de material entre las etapas
- Pisos abiertos en la planta
- Los cuellos de botella en las operaciones están bajo control
- Las estaciones de trabajo están cerca unas de otras
- Un manejo y almacenamiento ordenado de los materiales
- No hay manejo repetitivo e innecesario de los materiales
- Se ajusta fácilmente a las condiciones cambiantes.

Según Richard Muther, en el texto de consulta, los factores que influyen en una buena distribución en planta son:

- Factor material
- Factor maquinas
- Factor hombre
- Factor movimiento
- Factor espera
- Factor servicio
- Factor edificio
- Factor Cambio

2. CAPITULO 2 DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. RELACIÓN DE ACTIVIDADES Y EL RECORRIDO DE PRODUCTO

2.1.1. Referencias y capacidad de producción

En la planta actual para ensamble de sillas con los cuatro operarios se produce un promedio de 12 Sillas durante 8 horas del turno diario de trabajo, estas sillas quedan completamente terminadas y empacadas listas para distribución. Estos datos de producción contemplan desde el momento en el cual se hace la respectiva solicitud de materia prima al almacén general y esta es trasladada 90 metros aproximadamente hasta el lugar de trabajo.

En el Cuadro 5 se relacionan las clases o tipos de sillas que más se fabrican y ensamblan en la planta de sillas actualmente, debido al nicho en el que se mueve la empresa Multiproyectos, que es en el diseño y amueblamiento de espacios para oficina abierta.

Si bien es muy claro que se fabrican una gran cantidad de referencias de sillas el proceso de ensamble es el mismo para cualquiera de las diferentes referencias ya que las materias primas son las mismas y lo que varía es la cantidad.

Como los procesos de producción están certificados, en la Tabla 2 se puede ver la secuencia del proceso de producción de sillas, elementos de protección personal requeridos para laborar en los centros de trabajo.

Cuadro 5. Líneas de producto

SILLAS INTERLOCUTORAS 	
	CUBIERTA INTERNA Y EXTERNA ASIENTO
	CUBIERTA INTERNA Y EXTERNA ESPALDA
	ESTRUCTURAS METALICA
	ESPUMA
	TORNILLERIA
	TELA
	GRAPAS
SILLAS OPERATIVAS 	
	CUBIERTA INTERNA Y EXTERNA ASIENTO
	CUBIERTA INTERNA Y EXTERNA ESPALDA
	MECANISMO
	ESPUMA INYECTADA
	TELA
	TORNILLERIA
	GRAPAS
	BASE PLASTICA
	RODACHINAS
SOFAS Y POLTRONAS 	
	ESTRUCTURA MADERA
	ESPUMA
	BASE METALICA
	TORNILLOS Y TUERCAS
	TELA O CUERO
	HILO
TANDEM VARIOS PUESTOS 	
	CUBIERTA INTERNA Y EXTERNA ASIENTO
	CUBIERTA INTERNA Y EXTERNA ESPALDA
	ESTRUCTURAS METALICA
	ESPUMA
	TORNILLERIA
	TELA
	GRAPAS

Fuente: Supervisor área ensamble sillas de Multiproyectos S.A. 2016

2.1.2. Secuencia del proceso de manufactura

Con los siguientes diagramas Tabla 2 se ven resumidas las actividades y pasos del proceso completo de producción.

Tabla 2. Proceso de manufactura de sillas página 1

DIAGRAMA DE FLUJO	DETALLE DE LA ACTIVIDAD	DOCUMENTO O REGISTRO	RESPONSABLE (S)
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[1. Verificar programación y prioridades.] A -- SI --> B{¿El material puede ser reprocesado?} A -- NO --> B B -- SI --> C{¿El material es conforme?} B -- NO --> D[Identificar el material con color amarillo, ubicar en la línea y registrar.] C -- SI --> F[3. Verificar matriz o plano técnico.] C -- NO --> D D --> E[2] E --> F F --> G[/PAG. 33/] </pre>	1. Verificar programación de producción y prioridades de producción.	Programación de producción y prioridades de producción.	SUPERVISOR Y OPERARIO ENCARGADO
	2. Verificar medidas e inspección visual del material. Que el material no se encuentre dañado.	Procedimiento control del producto no conforme (O-PP-P01). Formato reporte de producto no conforme por centro de trabajo (O-PP-P01-F01).	SUPERVISOR Y OPERARIO ENCARGADO
	SILLAS 3. Verificar la matriz o plano técnico correspondiente a la silla o sofá a tapizar y ensamblar. Solicitar el material requerido al almacén de materias primas.	Planos técnicos o despiece.	OPERARIO ENCARGADO



Fuente: Sistema Integrado de Gestión Multiproyectos S.A. 2014

Tabla 3. Proceso de manufactura de sillas página 2

<pre> graph TD A[PAG. 32] --> B[4. Medir y cortar tela y espuma para la silla.] B --> C[5. Aplicar pegante a la espuma, bastidor y tela.] C --> D[6. Grapar la tela al bastidor de la silla.] D --> E[7. Ensamblar.] E --> F[PAG. 34] </pre>	<p>4. Medir y cortar tela y espuma con su plantilla correspondiente según el modelo de la silla a fabricar.</p>		<p>OPERARIO ENCARGADO</p>
	<p>5. Aplicar pegante a la espuma y al bastidor dejando secar por 15 minutos, después adherir espuma al bastidor.</p> <p>Hacer el pegue de la espuma en contorno del bastidor dejando secar por 10 minutos y adherir.</p> <p>Aplicar pegante a la tela por la parte interna y a la espuma ya con el bastidor dejando secar por 10 minutos y se adhiere (este procedimiento se realiza dependiendo del estilo de silla).</p>	<p>Plano técnico o matriz.</p>	<p>OPERARIO ENCARGADO</p>
	<p>6. Grapar la tela en contorno del bastidor dándole forma al espaldar o asiento verificando que la tela no quede torcida ni arrugada.</p>		<p>OPERARIO ENCARGADO</p>
	<p>7. Ensamblar silla (semi-tapizada, tapizada o de plástico).</p> <p>Si es operativa se ensambla las base colocándole 5 rodachinas, la cubierta telescópica al cilindro neumático, y tomar este conjunto ensamblándolo a la base verificando el correcto funcionamiento de las rodachinas.</p>		<p>OPERARIO ENCARGADO</p>

Fuente: Sistema Integrado de Gestión Multiproyectos S.A. 2014

Tabla 4. Proceso de manufactura de sillas página 3

 <pre> graph TD A[PAG. 33] --> B[8. Verificar listones para el sofá.] B --> C[9. Armar listones del sofá y colocar cincha.] C --> D[10. Desarmar, pegar espuma, medir y cortar tela para costura.] D --> E[PAG. 35] </pre>	<p>Si es interlocutora se ensambla la base, las tapas de las patas, se atornillan las cubiertas, se inserta el espaldar.</p>		
	<p>SOFAS 8. Verificar los listones requeridos para el sofá a ensamblar.</p>	<p>Plano técnico o matriz.</p>	<p>OPERARIO ENCARGADO</p>
	<p>9. Armar los listones según planos técnicos con un atornillador neumático formando los conjuntos.</p> <p>Colocar cincha o resorte en el asiento y espalda del sofá verificando su correcto ajuste.</p> <p>Realizar preensamble de la estructura del sofá para asegurar la correcta unión de sus partes.</p>		<p>OPERARIO ENCARGADO</p>
	<p>10. Desarmar la estructura y pegar la espuma a cada conjunto del sofá.</p> <p>Medir y cortar la tela requerida según medidas del sofá y pasar a costura cerrando las partes de sus respectivos conjuntos verificando que quede a la medida y ajustado para luego repisar.</p>		<p>OPERARIO ENCARGADO</p>

Fuente: Sistema Integrado de Gestión Multiproyectos S.A. 2014

Tabla 5. Proceso de manufactura de sillas página 4

<p>PAG. 34</p> <p>11. Enfundar el sofá, ensamblar y colocar cambrax.</p>	<p>11. Enfundar el sofá asegurando la tela con grapas verificando que no queden arrugas.</p> <p>Ensamblar las partes tapizadas asegurandolas con tornillos.</p> <p>Cubrir la parte inferior del sofá con cambrax asegurándolo con grapas, después se atornilla la base.</p>	<p>OPERARIO ENCARGADO</p>
<p>12. ¿El material es conforme?</p> <p>SI</p> <p>Entregar al siguiente proceso.</p> <p>NO</p> <p>¿El material puede ser reprocesado?</p> <p>SI</p> <p>Identificar el material con color amarillo, ubicar en la línea y registrar.</p> <p>2</p> <p>PAG. 36</p>	<p>12. Realizar verificación de los sofás y las sillas registrando en el formato listas de chequeo para características de calidad según frecuencia de verificación (VER ANEXO LISTAS DE CHEQUEO pág. 56) y colocar el Sticker de trazabilidad con sello de identificación o nombre de operario y fecha de fabricación.</p> <p>Empacar con plástico stretch si es para un despacho urbano en Bogotá o alrededores pero si es un despacho afuera de Bogotá con cartón y plástico stretch (en ambos casos colocar Sticker de identificación de pedido) posteriormente entregar a centro de distribución.</p> <p>En caso de detectar productos no conformes seguir el procedimiento correspondiente y registrar el inconveniente en formato.</p>	<p>Lista de chequeo para características de calidad (O-PP-P06-F02).</p> <p>Sticker de trazabilidad y Sticker de identificación de pedido.</p> <p>Procedimiento control del producto no conforme (O-PP-P01).</p> <p>Formato reporte de producto no conforme por centro de trabajo (O-PP-P01-F01).</p> <p>SUPERVISOR Y OPERARIO ENCARGADO</p>

Fuente: Sistema Integrado de Gestión Multiproyectos S.A. 2014

Tabla 6. Proceso de manufactura de sillas ultima parte

<p>PAG. 35</p> <p>Identificar el material no conforme y aplicar tratamiento.</p> <p>13. Realizar mantenimiento y limpieza en el centro de trabajo.</p> <p>FIN</p>	<p>13. Realizar limpieza y mantenimiento general después de terminar la jornada laboral al puesto de trabajo dejando el área en buenas condiciones de orden y aseo.</p> <p>En caso que las maquinas requieran alguna reparación o mantenimiento, diligenciar formato solicitud de mantenimiento y entregar al área correspondiente.</p>	<p>Formato solicitud de mantenimiento (O-PP-P13F04).</p> <p>SUPERVISOR Y OPERARIO ENCARGADO</p>
---	---	---

Fuente: Sistema Integrado de Gestión Multiproyectos S.A. 2014

2.1.3. Movimientos de producto en proceso

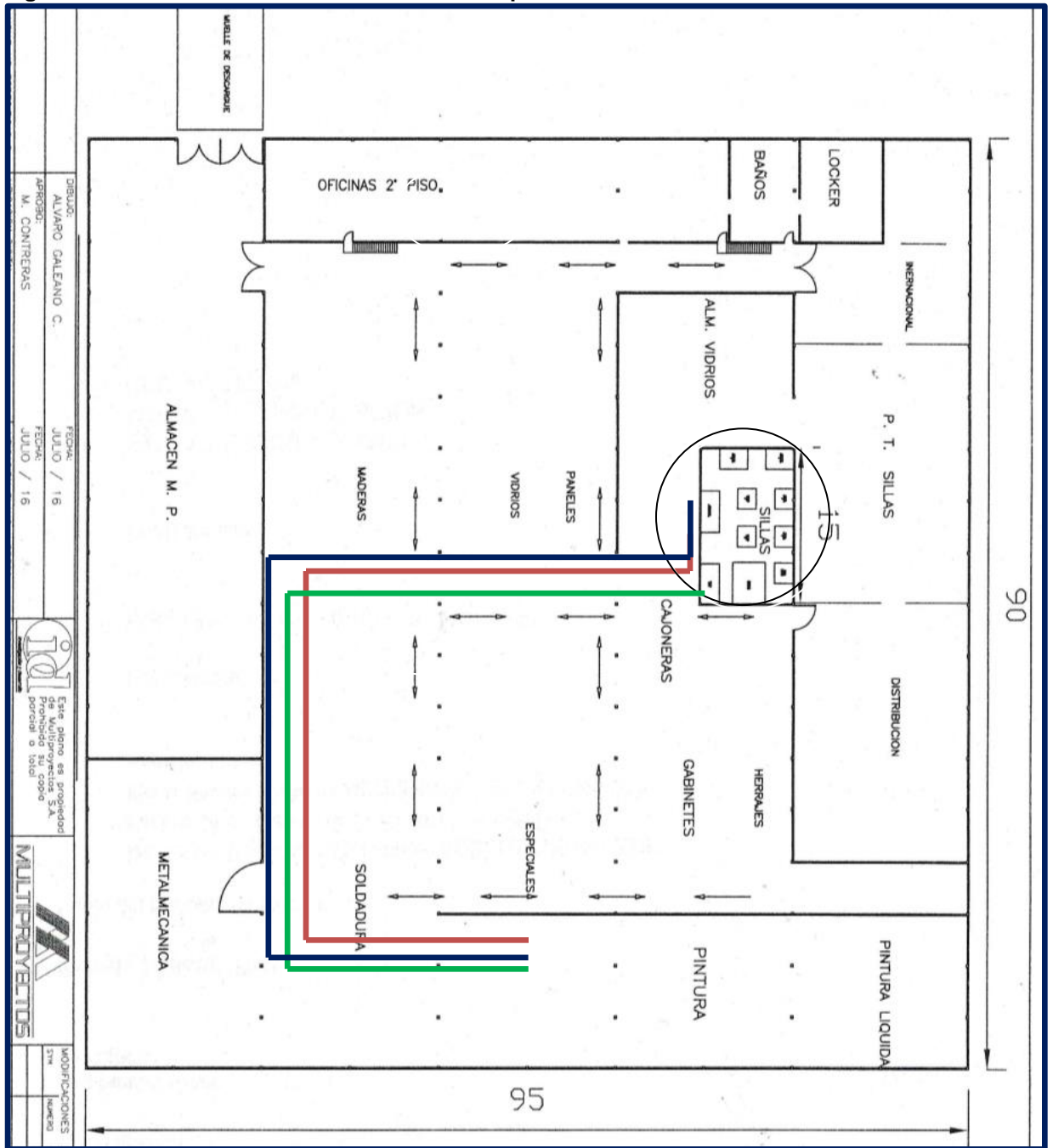
En la Figura 32 se denota la distancia de recorrido de materias primas desde el Almacén General hasta la actual planta de sillas, lo que genera mucha pérdida de tiempo en transporte dado el nivel de referencias de componentes para el ensamble de silla.

Este recorrido es de aproximadamente 90 metros, debido a que tiene que atravesar toda la planta de producción, hasta llegar a ensamble de sillas.

En la misma (

Figura 32) se resalta con un círculo la ubicación de la planta de sillas, donde se evidencia el recorrido de materias primas hasta llegar a la planta de sillas.

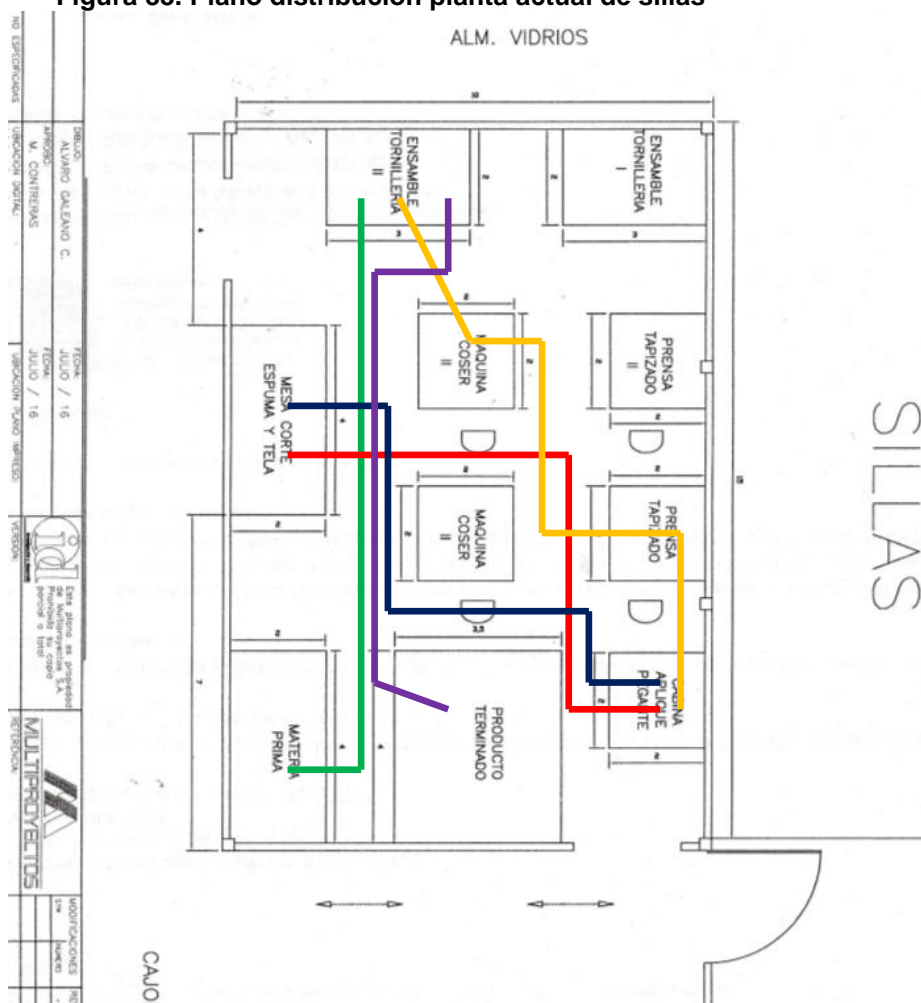
Figura 32. Plano distancia del almacén MP a la planta de Sillas



Fuente: Departamento diseño de espacios Multiproyectos S.A. 2015

Una vez ubicado el área en el plano completo de la empresa, luego se puede ver únicamente esta parte en la (Figura 33) para mostrar cómo están distribuidos los centros de trabajo.

Figura 33. Plano distribución planta actual de sillas



Fuente: Departamento diseño de espacios Multiproyectos S.A. 2015

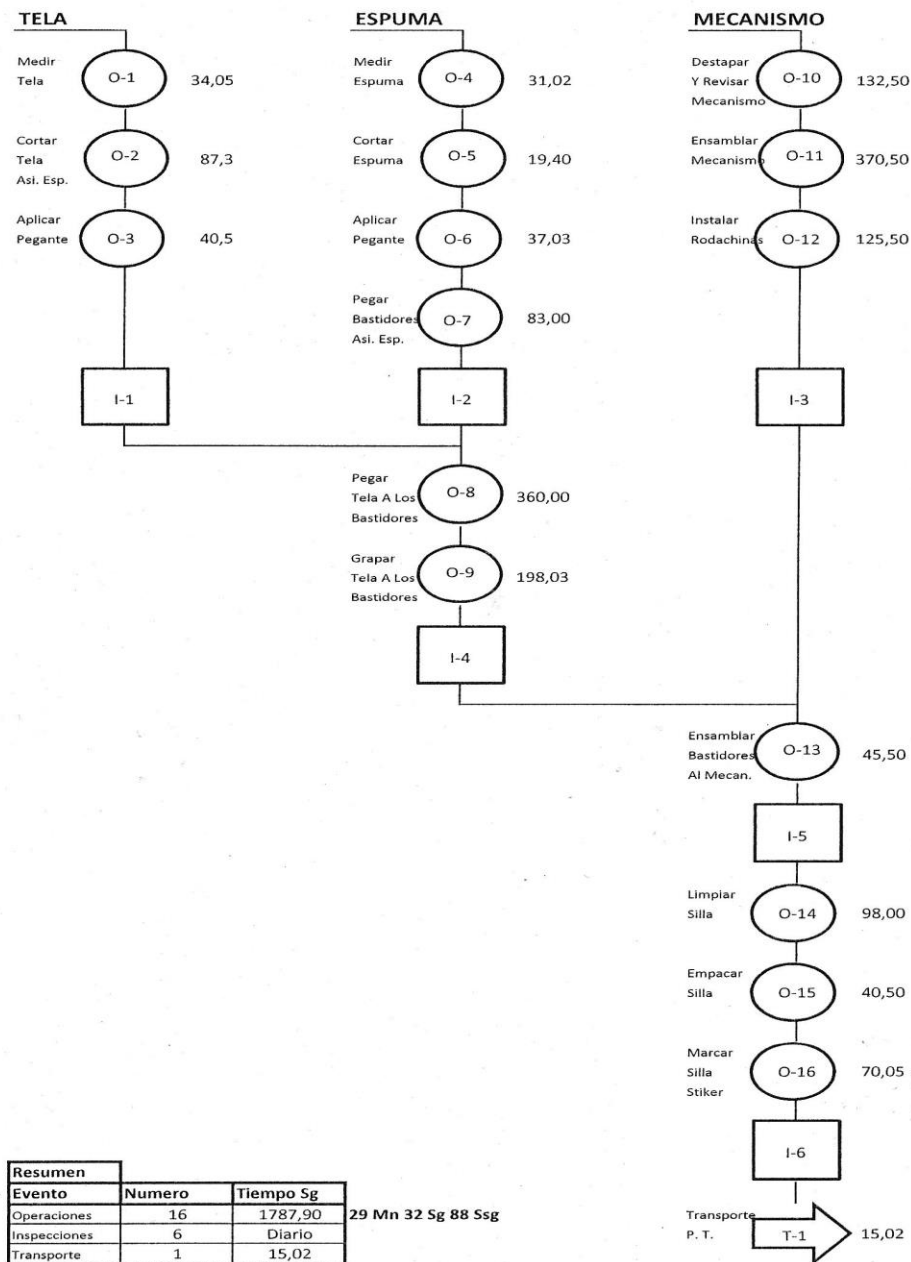
2.1.4. Diagrama de procesos

En este Gráfico 6 se enumeran los pasos y tiempos para culminar un proceso, teniendo en cuenta las partes que componen un producto terminado. Como todo proceso debe existir una secuencia en cada paso que permita cumplir un objetivo específico.

Para la elaboración de este diagrama de procesos, solo se tuvo en cuenta para este proyecto la producción de sillas, por ser las referencias más producidas en la planta actual.

Se separa cada uno de los elementos que al final conforman un producto terminado, especificando el paso a paso como lo deben manipular los operarios del área, has llegar al punto donde se juntan todos.

Gráfico 6. Diagrama de procesos planta de Sillas de Multiproyectos S.A.



Fuente: El autor 2015

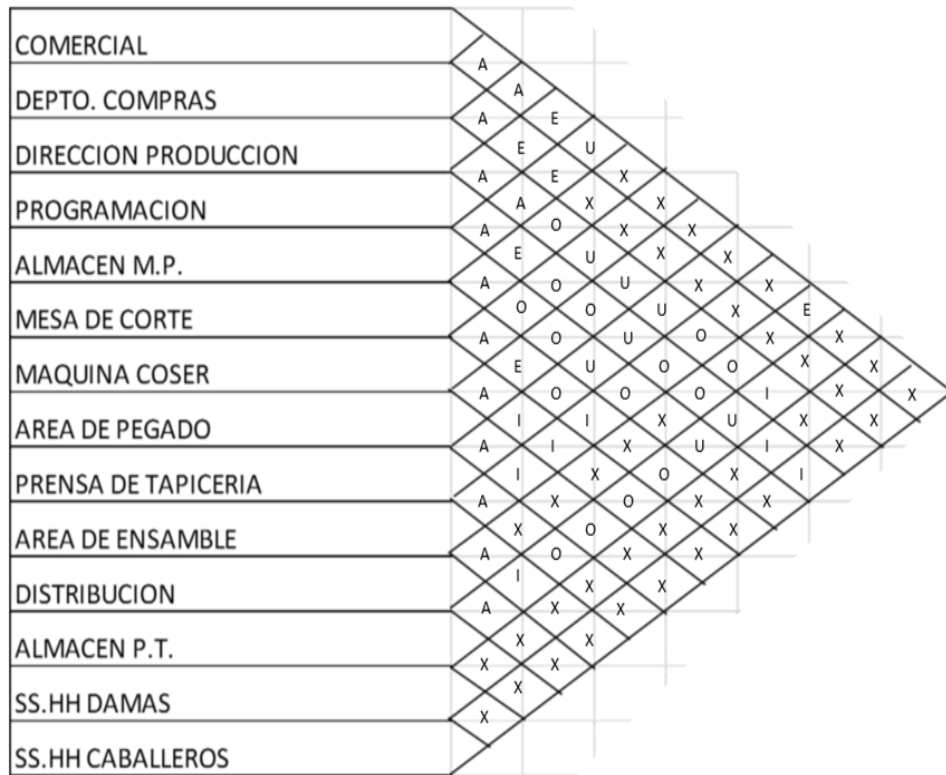
2.1.5. Diagrama de relaciones

Es una matriz de forma diagonal (Cuadro 6) en la cual se clarifican las actividades de un proceso en el cual se incluye otros servicios una cuando no aparecieran en el diagrama de procesos. En este formato se especifican las relaciones o proximidad que tiene un área, actividad dentro de un proceso. Las calificaciones a tener en cuenta son:

- **A:** Absolutamente necesario
- **E:** Especialmente importante
- **I:** Importante
- **O:** Ordinario
- **U:** Sin Importancia
- **X:** Indeseable

También se tiene en cuenta factores medioambientales como ruido, iluminación, exposición al clima, toxicidad etc.

Cuadro 6. Diagrama de relaciones planta de sillas de Multiproyectos



Fuente: El autor 2015

2.1.6. Herramientas utilizadas en este proyecto

2.1.6.1. Cronómetros.

Se utilizó para la toma de tiempos del presente proyecto el cronómetro digital que es el más apropiado para la toma de tiempos con regresión a cero.

Los cronómetros electrónicos que son los más utilizados en la toma de tiempos, entregan una resolución de 0.001 segundos y dan una exactitud de más o menos 0.002% y son muy livianos lo cual facilitan la manipulación.

2.1.6.2. Formatos de toma de tiempos.

Es un formato que contiene todos los campos necesarios para registrar toda la información recolectada en el ejercicio. Se diligencia con toda la información necesaria y trae campos que son complementos y no necesariamente deben ser diligenciados.

En este formato se debe tener en cuenta el tiempo observado (TO) que es aquel que tiempo dura la actividad antes de empezar la siguiente. Calificación (C) es aquella que se da al operario dada su habilidad para ejecutar la tarea, cuando el observador no conoce bien el proceso se maneja calificación de 10 en 10, cuando ya es un poco conocida se utiliza la calificación de 5 en 5. Tiempo Normal (TN) es aquel que se obtiene multiplicando el $TO * C = TN$.

2.1.6.3. Desempeño estándar.

Se mide con base en el desempeño de un colaborador u operario con una vasta experiencia en su labor, en condiciones normales o cotidianas para él, a una velocidad ni muy rápida ni muy lenta, pero que tenga un ritmo regular durante todo el día. Por lo general se tienen en cuenta trabajadores capaces de laborar sin supervisión y que posean una buena coordinación física y mental. Para esto el analista debe tener en cuenta la valoración del ritmo del operario, el cronometraje y si hay suplementos.

2.1.6.4. Calificación de desempeño.

Para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado el método de calificación de velocidad o rapidez, que consiste en dar un valor a una actividad que se conoce de antemano con un trabajador que calificado que elabora y/o hace una actividad, se asigna un valor del 100% a la actividad que se desarrolla en un tiempo normal, 90% a una actividad que se hace 10% más lento de lo normal y 110% a una actividad que se hace un 10% más rápido de lo normal.

2.1.6.5. Tiempo Normal

Es aquel que se obtiene al multiplicar la calificación dada a la operación en cada toma de tiempo por el tiempo observado.

2.1.6.6. Método de regreso a cero.

Este método tiene sus ventajas y desventajas, una gran ventaja es que se puede diligenciar la información de una vez en el formato dado que no tiene que hacer

restas como con el método continuo. En este método no tiene en cuenta los retrasos ni se anotan en la planilla o formato (Tabla 9).

Tabla 7. Formato diligenciado en la toma de tiempos en la línea de ensamble de sillas

Formato para la observación de estudio de tiempo con regreso a cero						Estudio No. 1				Fecha: Agosto 17- 25 /2016				Página: 1 de 1							
						Operación Ensamble Sillas				Operario Ramiro Montealegre				Observador: M. Contreras							
ELEMENTO NUMERO Y DESCRIPCIÓN		1				2				3				4				5			
		CORTE TELA Y ESPUMA				APLICACIÓN DE PEGANTE				TAPIZADO				ENSAMBLE				PRODUCTO TERMINADO			
NOTA	CICLO	C	TC	TO	TN	C	TC	TO	TN	C	TC	TO	TN	C	TC	TO	TN	C	TC	TO	TN
	1	110		9,7	1070	110		9,9	1090	100		22,1	2211	95		31,5	2992	100		18,1	1813
	2	110		10,0	1098	100		10,8	1081	100		22,0	2200	100		30,1	3010	95		18,7	1777
	3	110		10,0	1104	100		11,3	1127	100		22,6	2260	95		32,3	3070	90		19,6	1766
	4	80		13,2	1057	90		11,6	1040	95		23,0	2188	100		30,1	3010	90		20,1	1813
	5	90		11,9	1068	110		10,2	1125	95		22,8	2161	95		32,0	3042	100		18,1	1813
	6	100		10,9	1088	90		12,1	1090	90		23,9	2147	90		33,2	2984	90		20,4	1835
	7	90		11,6	1044	95		10,7	1017	100		22,1	2211	100		29,9	2991	95		19,3	1834
	8	100		10,9	1088	100		10,8	1081	95		23,1	2193	100		30,1	3010	80		22,4	1792
	9	70		14,6	1020	90		11,4	1029	90		24,9	2244	95		31,9	3031	85		21,3	1813
	10	80		13,6	1088	90		12,4	1120	95		23,1	2196	85		34,6	2938	95		19,0	1813
	11	110		10,0	1095	90		11,4	1024	95		22,8	2166	100		30,8	3081	85		21,0	1786
	12	90		12,6	1135	90		11,4	1025	90		24,5	2211	105		29,0	3048	105		17,0	1784
	13	90		12,1	1088	100		10,7	1065	90		23,9	2155	95		32,2	3056	100		18,1	1813
	14	90		11,9	1075	100		11,2	1122	95		22,9	2174	100		30,1	3010	90		20,6	1850
	15	90		12,1	1088	100		10,8	1081	100		22,1	2211	85		35,4	3010	85		20,8	1768
	16	90		12,4	1116	90		11,8	1061	90		24,2	2182	90		33,6	3010	95		19,0	1800
	17	90		11,6	1040	90		11,9	1073	95		22,9	2172	95		32,1	3045	100		18,2	1813
	18	90		11,6	1046	90		12,5	1128	95		23,1	2190	100		30,5	3050	100		18,1	1813
	19	100		10,9	1088	100		10,9	1091	100		22,1	2211	100		30,0	3010	85		21,7	1841
	20	100		11,0	1097	100		10,9	1090	100		22,2	2224	100		30,5	3053	100		17,9	1787
	21	90		12,2	1099	90		11,5	1036	100		22,2	2224	95		31,0	2946	85		21,1	1789
	22	100		10,5	1052	90		11,5	1039	100		22,3	2230	90		33,9	3051	95		18,9	1792
	23	90		12,6	1136	100		11,2	1122	100		21,9	2194	90		32,6	2930	80		22,7	1813
	24	110		10,2	1119	100		11,2	1115	90		25,0	2251	100		29,8	2977	85		20,9	1779
	25	80		13,2	1058	100		11,3	1129	95		23,5	2234	100		30,1	3010	85		20,8	1766
	26	90		12,4	1118	100		10,6	1056	105		21,4	2247	100		30,4	3044	100		18,1	1813
	27	100		10,9	1088	90		12,0	1081	100		22,6	2258	95		32,3	3064	100		18,3	1826
	28	100		10,9	1088	90		11,3	1019	100		22,1	2211	90		34,1	3065	95		19,0	1813
	29	100		11,3	1133	100		10,8	1081	100		21,6	2162	90		32,9	2964	90		20,1	1813
	30	90		11,8	1065	100		11,1	1108	95		22,7	2155	105		32,0	3363	95		19,1	1813
Resumen																					
TO total		348,63				337,23				685,71				948,86				588,21			
Calificación		94,31				96,17				97				96				93			
TN total		32547				32343,8				66071,35				90864,00				54141,7			
No de obsev.		30				30				30				30				30			
TN promedio		1084,9				1078,1				2202,4				3028,8				1804,7			
% de suplementos																					
Tiempo est. elemen.		1272,96				1264,77				2586,87				3500,11				2121,21			
No. de ocurrencias																					
Tiempo estandar		12,73				12,65				25,87				35,22				21,21			
Tiempo estandar total (suma del tiempo estandar de todos los elementos)																					
Elementos extraños					Verificación de tiempos					Resumen de suplementos											
SIM	TC1	TC2	TO	Descripción	Tiempo termin.		16:35:00			Necesidades Personales		1									
A					Tiempo inicio		6:38:00			Fatiga básica											
B					Tiempo transcur.		9:57:00 AM			Fatiga variable											
C					TTAS		0:08:00		Hora		Especial										
D					TTDS		0:05:00		Hora		% suplemento total										
E					Tiempo total		0,01			Observaciones											
F					Tiempo efectivo		2908,64														
G					Tiempo inefectivo		0														
Verificación de calificación					Tiempo registrado		2908,65														
Tiempo sintético				%	Tiempo no contado		#####														
Tiempo observado					% de error de registro		-0,00014255														

Fuente: El autor

2.1.7. Balanceo de líneas

El balanceo de líneas es una herramienta muy importante dado que identifica el cuello de botella, para saber a qué ritmo debe ir la producción, porque estos tienen capacidad restringida. Van a un ritmo más lento lo que conlleva que toda la producción se base en la cantidad de salidas que tenga este cuello de botella.

El balanceo mejora la capacidad de producción de la planta ya que funcionaría a la máxima velocidad con mínimo de costos e inventarios en proceso. En la tabla 8 se puede observar las diferentes iteraciones que proponen un mejor balanceo de la planta.

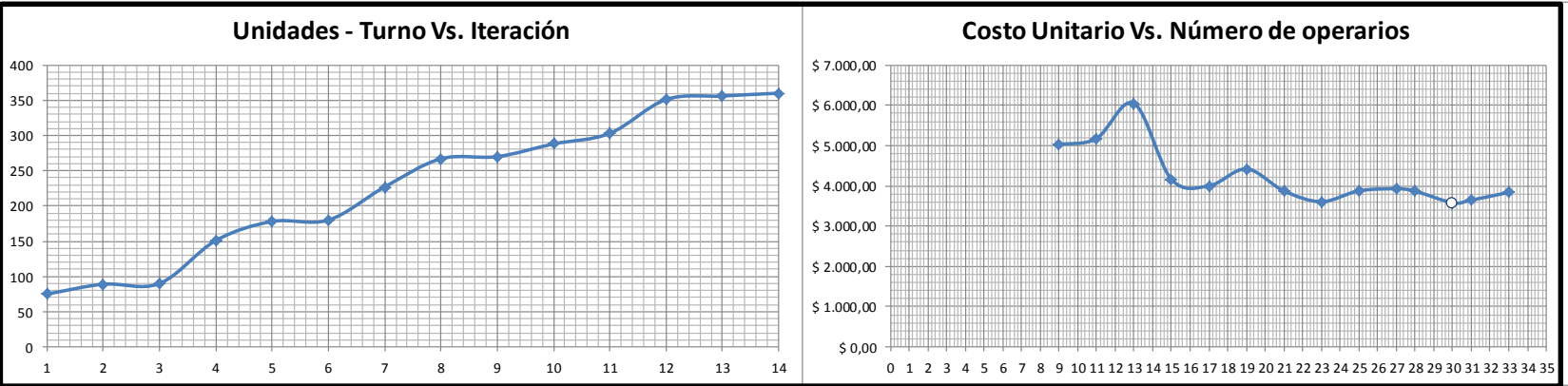
Tabla 8 Datos balanceo de líneas

FORMATO DE BALANCEO DE LINEA																													
Nº	DESCRIPCION	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5		ITERACION 6		ITERACION 7		ITERACION 8		ITERACION 9		ITERACION 10		ITERACION 11		ITERACION 12		ITERACION 13		ITERACION 14	
		TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP
1	CORTE TELA	00:01:40		0:01:40	1	0:01:40	1	0:01:40	1	0:01:40	1	0:01:40	1	0:01:40	1	0:01:40	1	0:01:40	1	0:01:40	1	0:00:50	2	0:00:50	2	0:00:50	2	0:00:50	2
2	CORTE ESPUMA	00:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1	0:01:16	1
3	APLIQUE PEGANTE	00:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:01:22	1	0:00:41	2	0:00:41	2
4	MAQ. COSTURA	00:05:20	1	0:05:20	1	0:05:20	1	0:02:40	2	0:02:40	2	0:02:40	2	0:01:47	3	0:01:47	3	0:01:47	3	0:01:20	4	0:01:20	4	0:01:20	4	0:01:20	4	0:01:20	4
5	MAQ. COSTURA	00:05:20	1	0:05:20	1	0:05:20	1	0:02:40	2	0:02:40	2	0:02:40	2	0:01:47	3	0:01:47	3	0:01:47	3	0:01:20	4	0:01:20	4	0:01:20	4	0:01:20	4	0:01:20	4
6	PRENSA GRAPADO	00:05:23	1	0:05:23	1	0:02:42	2	0:02:42	2	0:02:42	2	0:01:48	3	0:01:48	3	0:01:48	3	0:01:21	4	0:01:21	4	0:01:21	4	0:01:21	4	0:01:21	4	0:01:05	5
7	PRENSA GRAPADO	00:05:23	1	0:05:23	1	0:02:42	2	0:02:42	2	0:02:42	2	0:01:48	3	0:01:48	3	0:01:48	3	0:01:21	4	0:01:21	4	0:01:21	4	0:01:21	4	0:01:21	4	0:01:05	5
8	PRENSA ENSAMBLE	0:06:19	1	0:03:10	2	0:03:10	2	0:03:10	2	0:02:06	3	0:02:06	3	0:02:06	3	0:01:35	4	0:01:35	4	0:01:35	4	0:01:35	4	0:01:16	5	0:01:16	5	0:01:16	5
9	PRENSA ENSAMBLE	0:06:19	1	0:03:10	2	0:03:10	2	0:03:10	2	0:02:06	3	0:02:06	3	0:02:06	3	0:01:35	4	0:01:35	4	0:01:35	4	0:01:35	4	0:01:16	5	0:01:16	5	0:01:16	5
10				0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
11				0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
A	MINUTO TOTAL DEL OPERARIO	0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22		0:38:22	
B	CICLO DE CONTROL	0:06:19		0:05:23		0:05:20		0:03:10		0:02:42		0:02:40		0:02:06		0:01:48		0:01:47		0:01:40		0:01:35		0:01:22		0:01:21		0:01:20	
C	No. DE OPERARIOS	9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		28		30		31		33	
D	TIEMPO DE LINEA	0:56:51		0:59:13		1:09:20		0:47:23		0:45:46		0:50:40		0:44:13		0:41:16		0:44:27		0:45:00		0:44:13		0:41:00		0:41:43		0:44:00	
E	% BALANCE	67,49%		64,79%		55,34%		80,99%		83,85%		75,72%		86,77%		92,96%		86,33%		85,26%		86,77%		93,58%		91,96%		87,20%	
F	CICLO DE TRABAJO AJUSTADO	0:06:19		0:05:23		0:05:20		0:03:10		0:02:42		0:02:40		0:02:06		0:01:48		0:01:47		0:01:40		0:01:35		0:01:22		0:01:21		0:01:20	
G	UNIDAD/HORA	9,50		11,15		11,25		19,00		22,29		22,50		28,50		33,44		33,75		36,00		37,99		43,90		44,58		45,00	
H	UNIDAD/TURNO	75		89		90		151		178		180		227		267		270		288		303		351		356		360	
I	UNIDADES/OPERARIOS	8,33		8,09		6,92		10,07		10,47		9,47		10,81		11,61		10,80		10,67		10,82		11,70		11,48		10,91	
J	COSTO POR UNIDAD	\$ 5.024,04		\$ 5.174,57		\$ 6.047,46		\$ 4.158,97		\$ 3.998,53		\$ 4.419,29		\$ 3.873,16		\$ 3.606,52		\$ 3.876,57		\$ 3.925,03		\$ 3.868,90		\$ 3.578,38		\$ 3.645,72		\$ 3.837,81	
DESEMPEÑO DE LINEA		100,00%		TOLERANCIA PERSONAL		0:00:00		MENOR COSTO POR UNIDAD		\$ 3.578,38		MAYOR % DE BALANCE		93,58%															
TIEMPO POR TURNO		8:00:00		TOLERANCIA MAQUINARIA		0:00:00				ITERACION 12				ITERACION 12															
SALARIO/DÍA		\$ 41.867		TOTAL DE TIEMPO LABORADO		8:00:00																							

Fuente: El autor

En el grafico 7 se observan los resultados que arrojó el balanceo de líneas en su iteración 12, este muestra el aumento de producción de unidades y la disminución de costos por operario en la producción. Esta iteraciones lo que buscan es balancear la línea de proceso ajustándolas a su máxima producción a menos costo.

Grafico 7 Unidades producidas y costos por operario con balanceo de líneas



Fuente: El autor

Tabla 9 Amortiguadores

AMORTIGUADORES						
Mesa Corte Espuma	Mesa Corte Tela	Aplique Pegante	Maquina Bastidores	Prensa Grapado	Prensa Ensamble	SUMA
2,4	2,6	2,44	5,2	4,46	6,2	17,4
25,0 ud/h	23,1 ud/h	24,6 ud/h	11,5 ud/h	13,5 ud/h	9,7 ud/h	9,7 ud/h
200 ud/dia	185 ud/dia	197 ud/dia	92 ud/dia	108 ud/dia	77,6 ud/dia	77 ud/dia
3,2 h	3,4 h	3,2 h	6,8 h	5,8 h	8 h	

Fuente: El autor

En la tabla 9 se observa que en todo el trabajo de producción va sobrando productos en proceso, lo que significa que se debe adecuar un método de almacenamiento en cada centro de trabajo con el fin de mantener desocupados los pasillos y no incurrir en accidentes por material mal acomodado en los diferentes puestos de trabajo.

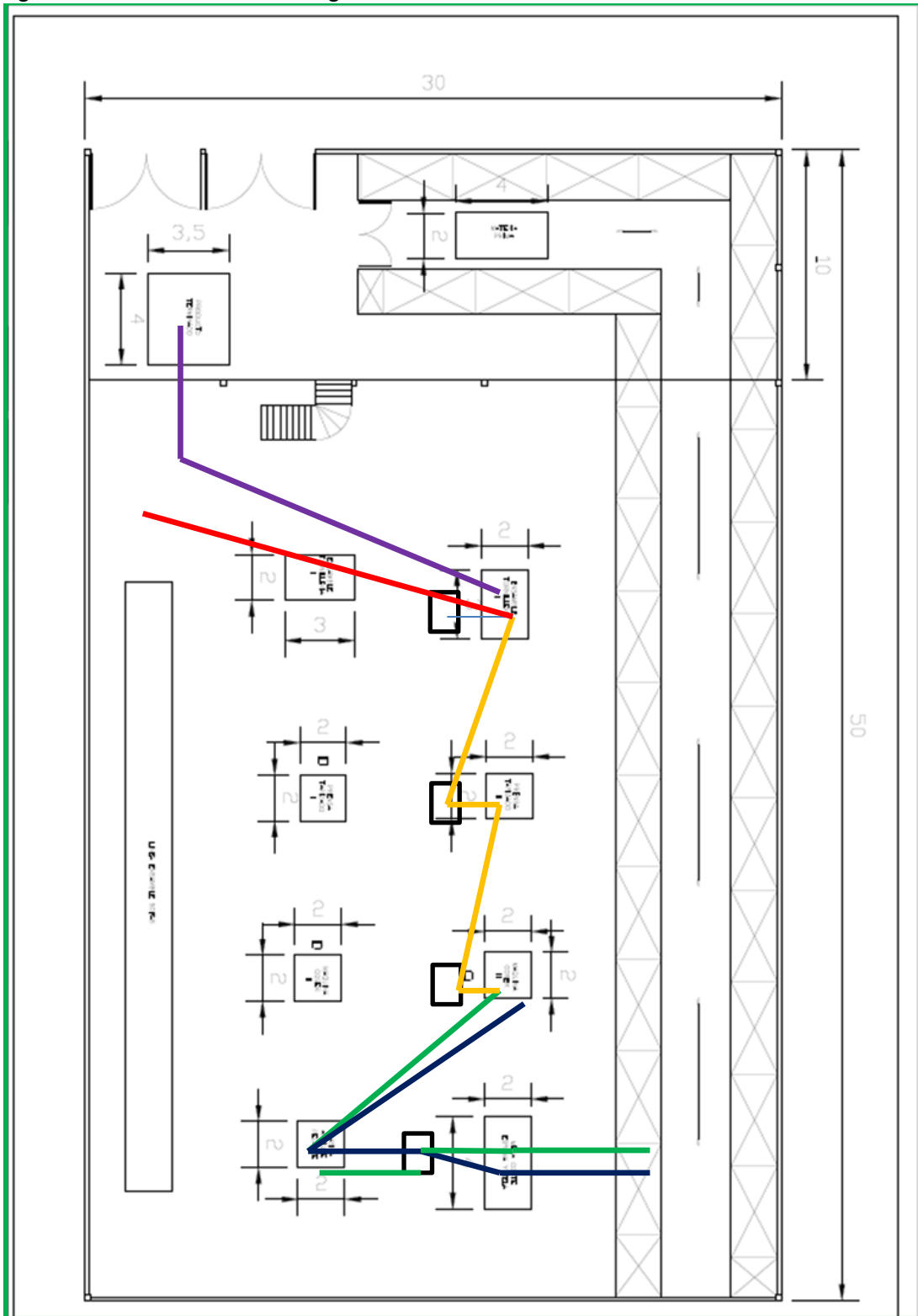
Estos amortiguadores garantizan que al día siguiente el cuello de botella puede tener producto con el cual empezar su turno y no esperar a que culmine todo el proceso productivo.

Los colaboradores de esta planta deben ser poli funcionales, ya que el cuello de botella está en la última parte del proceso deben ayudar a ensamblar sillas y esto genera menos producto en proceso.

En cada centro de trabajo debe haber un carrito tipo canastilla de 0.50 ancho x 0.80 largo con rodachinas 0.60 mm piso duro, para almacenar el producto en proceso que no alcanza a ser terminado.

En la figura 34 se observa el diseño de la planta con los amortiguadores para que los elementos que no alcanzaron a ser procesados en el turno, puedan iniciar el trabajo en el turno del día siguiente.

Figura 34 Planta Nueva Con Amortiguadores



Fuente: El autor

Además de lo complejo que puede ser trasladar las materias primas desde el almacén general que queda a una distancia aproximada de 95 metros y se debe atravesar toda la planta de producción.

2.2.2. Espacio requerido

El espacio requerido se basa teniendo en cuenta altura, espacios de pasillos, espacio para materiales, espacio para movimientos de los operarios y algunos requerimientos de los centros de trabajo como se muestra en la (Tabla 10), para cubrir las necesidades requeridas en las nuevas instalaciones.

Tabla 10. Espacio requerido para el nuevo diseño de la planta

ESPACIOS DE TRABAJO	CANT.	REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS			ALTURA	AREAS (METROS CUADRADOS)			
		CORRIENTE ELECTRICA	AIRE COMPRIMIDO	OTROS		EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	TOTAL
ALMACEN M.P.	1	220 V	NA	NA	4,5	346,5	52	1	399,5
ALMACEN P.T.	1	220 V	NA	NA	2,8	198	16	1	215
MAQUINA PLANA	2	220 V	NA	NA	1,8	11,88	2,5	1	30,76
PRENSA DE TAPIZADO	2	220 V	8 CFM 10 psi	8 CFM 10 psi	2	11,88	3,5	1	32,76
MESA DE ENSAMBLE	2	220 V	NA	NA	2,5	19,8	3,5	1	48,6
MESA DE CORTE	1	220 V	NA	NA	1,8	26,4	2	1	29,4
CABINA DE PEGADO	1	220 V	8 CFM 20 psi	8 CFM 20 psi	2,5	16,5	4,5	1	22
AREA DE EMPAQUE	1	220 V	NA	NA	2	46,2	2,8	1	50
PUESTO SUPERVISOR	1	220 V	NA	NA	2,2	8,91	1	1	10,91
						AREA TOTAL		838,93	
						HOLGURA DE PASILLOS 15%		125,8395	
						AREA TOTAL REQUERIDA		964,7695	

Fuente: El autor 2017

También por supuesto se debe tener en cuenta áreas de baños y locker que disminuyan recorridos para evitar la pérdida de tiempo en la llegada de los operarios antes de ingresar a los centros de trabajo

2.2.3. Espacio disponible

El diseño y distribución de la nueva planta para producción de sillas tiene que cubrir la necesidad áreas como almacén de materia prima, almacén de producto terminado y área de distribución, a parte de los centros de trabajo. Para esto se tiene contemplado utilizar una bodega propia que la empresa tiene en el Parque Empresarial Palmacera, esta bodega tiene unas dimensiones de 30 metros de ancho por 50 metros de largo y un mezzanine de 30 metros de ancho y 10 metros de largo, lo que da un área útil de 1800 metros cuadrados (Figura 36, Figura 37, Figura 38).

Quedando el almacén de materia prima cerca de la planta de producción de sillas, se ahorra tiempo que antes se utilizaba solo en transporte, son costos que no le agregan valor al producto dado que no contribuye a su cambio físico.

Otra facilidad es que la Bodega queda en un parque industrial cuyas puertas de carga colindan con las puertas de carga de la empresa Multiproyectos S.A. lo cual hace que cualquier labor administrativa se pueda ejecutar sin hacer desplazamientos largos.

Figura 36. Bodega Palmacera



Fuente: El autor 2017

Figura 37. Área Bodega Palmacera



Fuente: El autor 2017

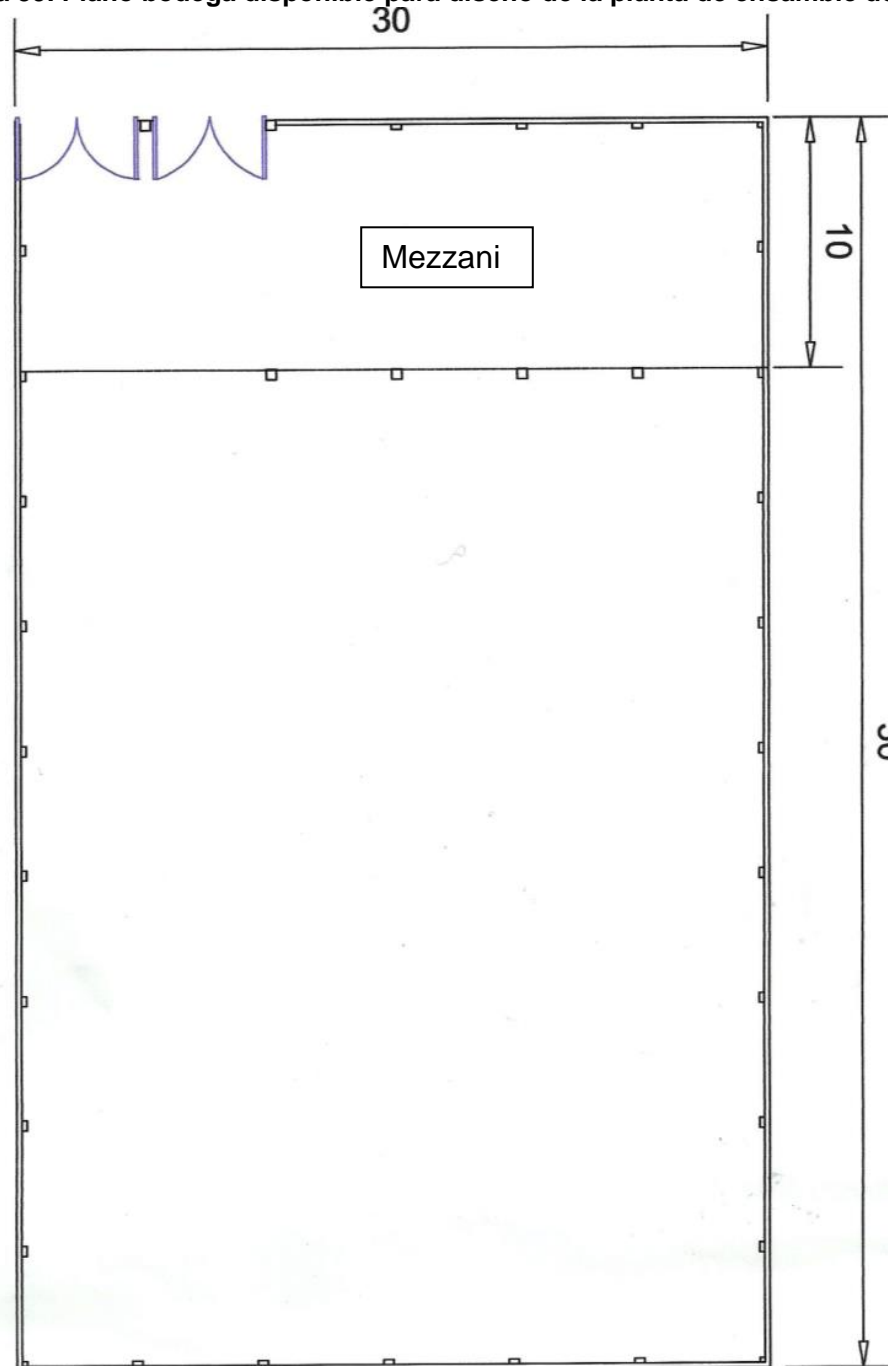
Figura 38. Parte Interna Bodega Palmacera



Fuente: El autor 2017

En la Figura 39 está el plano del área disponible para el diseño de la planta, este cumple con el espacio requerido, en cuanto a dimensiones; altura, ancho y profundidad, tiene sistema eléctrico y tubería de conducción de aire comprimido para la herramienta neumática.

Figura 39. Plano bodega disponible para diseño de la planta de ensamble de sillas



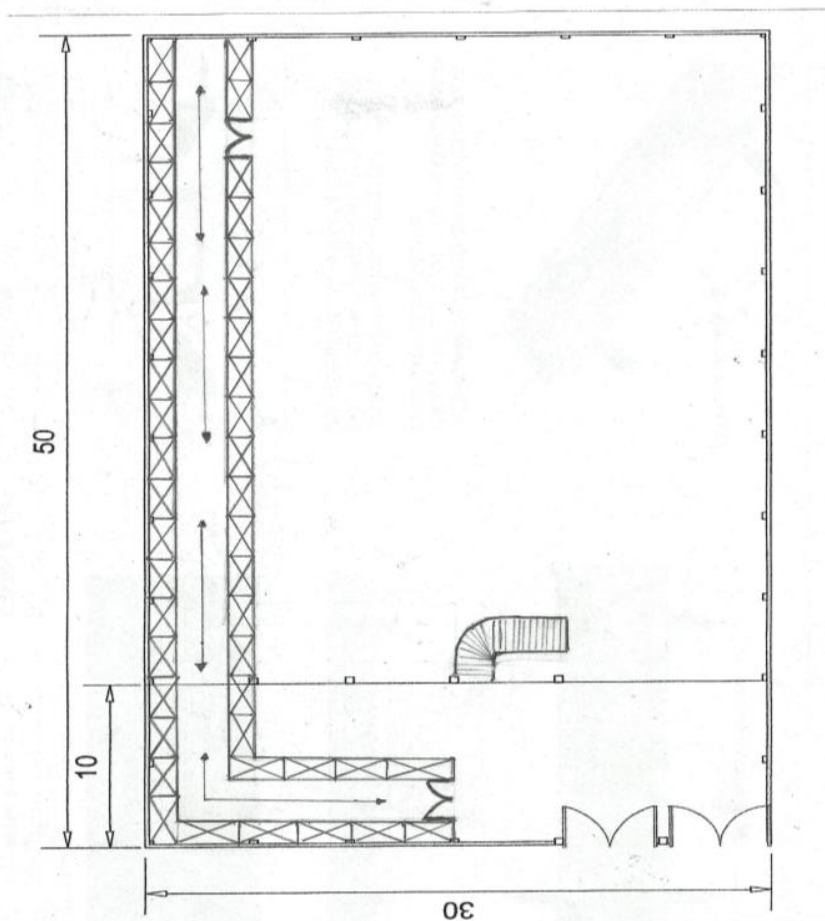
Fuente: El autor 2017

2.3. ALTERNATIVAS DE DISTRIBUCIÓN Y PROYECCIÓN DE VENTAS PARA LA NUEVA PLANTA

La principal ventaja de que se trate de un área alterna o edificio nuevo es que permite hacer una mejor distribución (Figura 40), de todas las áreas que intervienen en el proceso. Este cambio nos permite mejorar la distribución de la planta eliminando todas las estructuras y movimientos que se convierten en cuellos de botella.

El utilizar un área espaciosa y nueva permite pensar en un crecimiento y/o expansión a futuro, sin que esto implique hacer nuevas inversiones en edificios o bodegas. Si bien es cierto que se deben aumentar los costos de producción, estos se pueden contrarrestar con un diseño que sea absolutamente eficiente y mejore el costo de producción.

Figura 40. Plano bodega actual más la estantería y cerramiento



Fuente: El autor, 2017

En la (Figura 41) se observa la localización geográfica de la Bodega en el Parque Empresarial Palmacera que colinda con Multiproyectos S.A y es donde quedara ubicada la nueva planta de ensamble de sillas.

Figura 41. Localización Centro Empresarial Palmacera



Fuente: El autor, 2017

Se proponen tres alternativas de distribución de planta utilizando el área disponible, y aprovechado que la bodega tiene cerramiento y estantería la cual se puede utilizar como almacén de materia prima dado que queda aislada del resto de la bodega.

Para dar solución y desarrollo al problema de distribución de planta se implementará el SLP, el cual es utilizado para el diseño de distribuciones de planta en edificios nuevos o redistribución y diseño de plantas existentes.

2.3.1. Alternativas

Como lo explican varios de los textos consultados para el desarrollo de este proyecto, siempre será más fácil elegir una buena alternativa de distribución de planta, cuando se tienen varias opciones, lo cual hace que se escoja la que tiene mejores cualidades y calidades cumpliendo los requerimientos de la empresa.

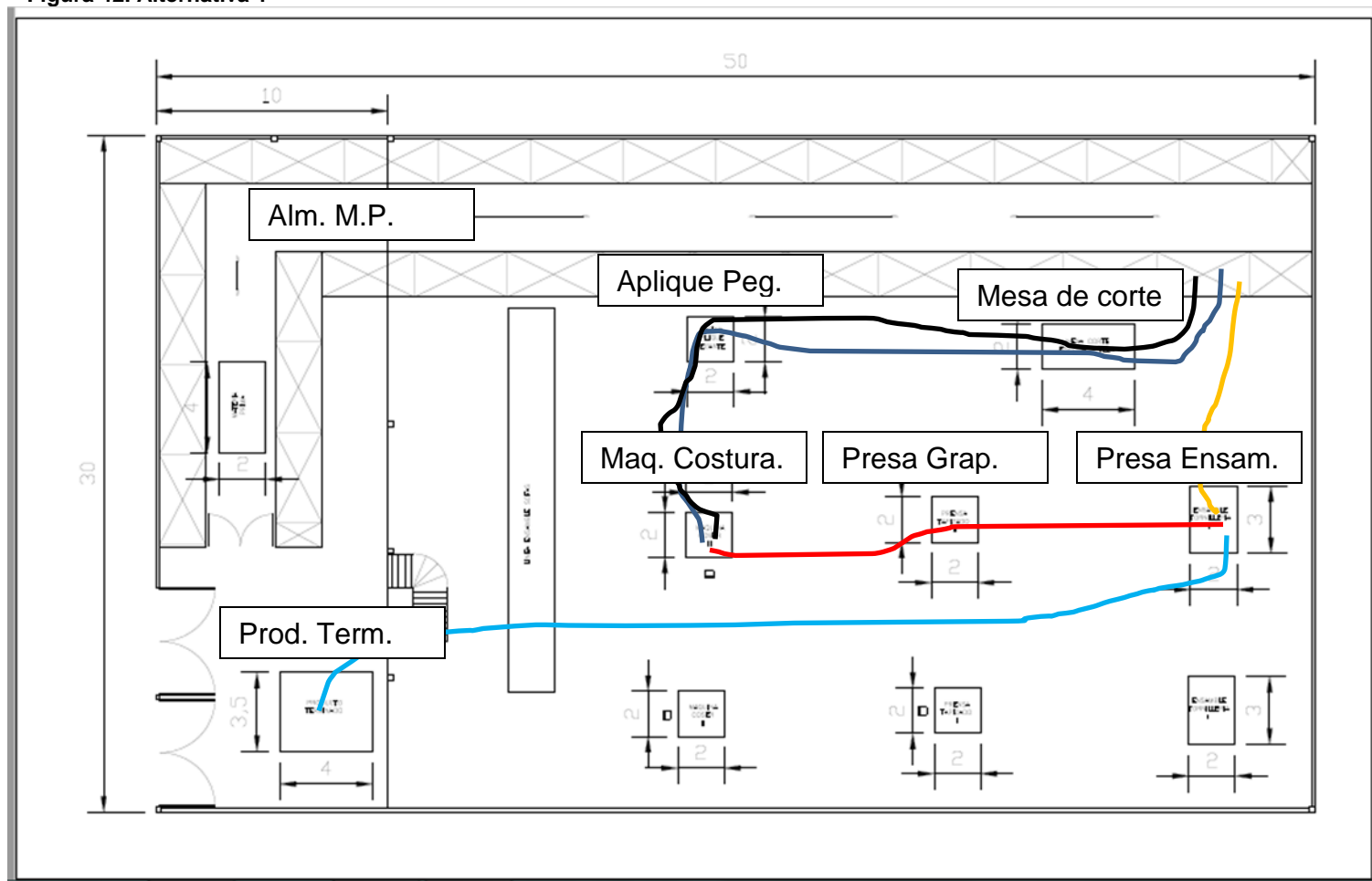
Las alternativas se deben hacer con el área destinada para la nueva planta, y jugando con las máquinas y centros de trabajo organizándolos de formas diferentes de tal modo que se logre un equilibrio entre: recorrido, secuencia de producción y organización.

Los factores a tener en cuenta para la selección del terreno donde se ubicará la nueva planta de producción de sillas para Multiproyectos S.A., son:

- Facilidad de distribución
- Disponibilidad del terreno
- Facilidad de transporte
- Disponibilidad de servicios públicos
- Bodega dotada de distribución de tubería trabajos neumáticos
- Comunicación peatonal con la planta de la empresa

En la (¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.) se presenta la primera alternativa de distribución con los diferentes centros de trabajo, con sus respectivos diagramas de espagueti, donde se denota el recorrido del producto en proceso desde el momento en que sale del almacén de materia prima.

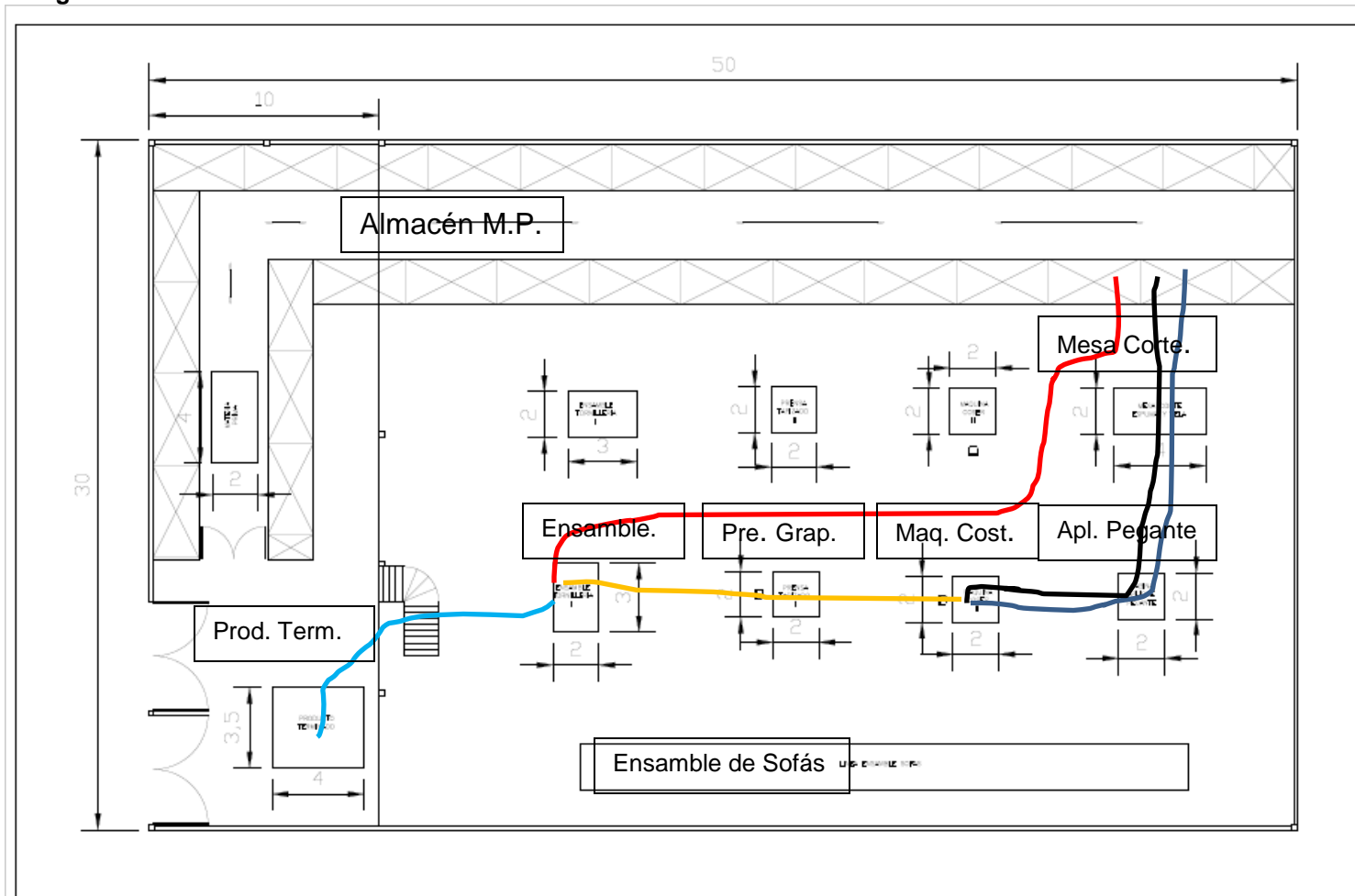
Figura 42. Alternativa 1



Fuente: El autor, 2017

En (Figura 43) se puede evidenciar la según da alternativa de distribución de planta. Con su respectivo diagrama de espagueti, donde se denota el recorrido del producto en proceso.

Figura 43. Alternativa 2



Fuente: El autor, 2017

Figura 44) donde se

88

2.3.2. Pronósticos con análisis de tiempo

Los pronósticos de series de tiempo se basan en predecir el futuro de acuerdo con los históricos o información del pasado. Para estos pronósticos se utilizan modelos como:

- ✓ Promedio móvil simple
- ✓ Promedio móvil ponderado
- ✓ Suavización exponencial
- ✓ Análisis de regresión
- ✓ Técnica Box Jenkins
- ✓ Series de tiempo Shiskin
- ✓ Proyecciones de tendencia

2.3.2.1. Promedio Móvil

Este método es el más utilizado, como indicador de análisis técnico, ya que es uno de los métodos más antiguos y experimentales que existe, el Promedio Móvil se calcula como, la suma de ventas o precios por una cantidad o número de periodos (t) dividido por el número de periodos. Cuanto más alto sea el periodo a analizar más verídico es el resultado.

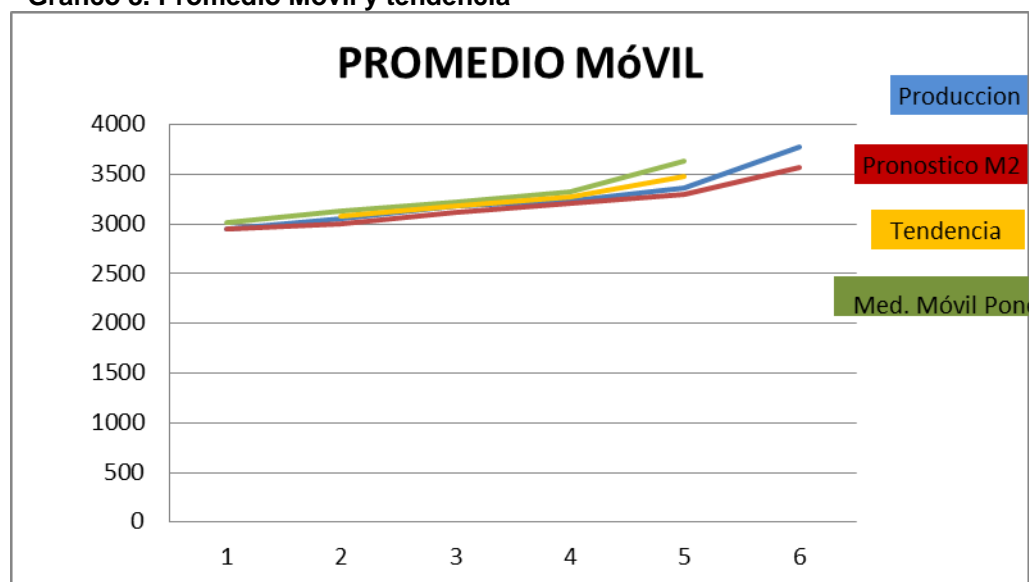
Es un método sencillo de cálculo de pronósticos, utiliza datos históricos de los comportamientos de la variable que se requiere pronosticar.

Tabla 11. Pronóstico por promedios móviles

PROMEDIO MÓVIL					
t	Z_t	Pronostico M3	Error ² Med.	% Error Med. Abs.	Med. Móvil Ponde.
2011	2957				
2012	3050	2957	8649	3,04918033	3019
2013	3180	3003,5	31152,25	5,55031447	3136,66667
2014	3240	3115	15625	3,85802469	3220
2015	3360	3210	22500	4,46428571	3320
2016	3780	3300	230400	12,6984127	3640
2017		3570			

Fuente: El Autor, 2017

Grafico 8. Promedio Móvil y tendencia



Fuente: El Autor, 2017

2.3.2.2. Suavizado Exponencial.

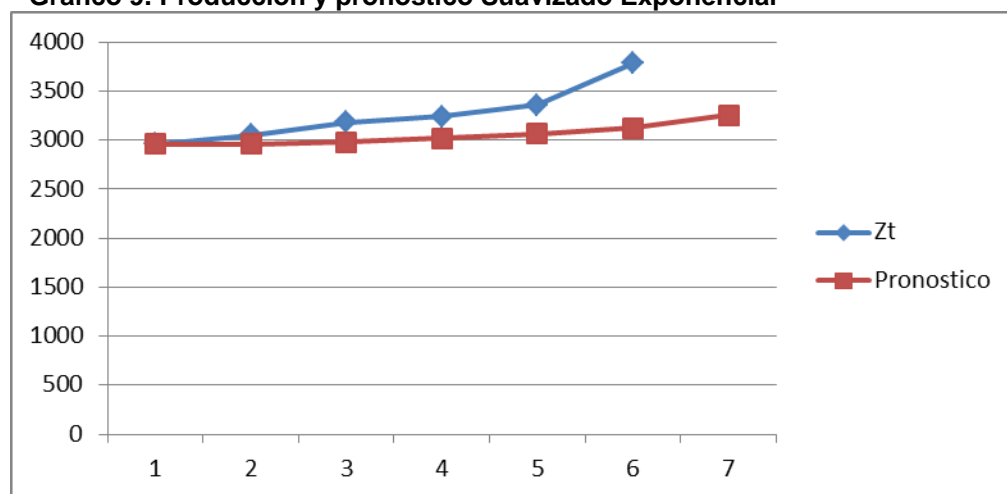
Utilizando herramientas propias de Planeación de Producción se podrá obtener una proyección o pronóstico de ventas para un periodo (t), entre las más utilizadas está el Suavizado Exponencial, dado el requerimiento de pocos datos y la simplicidad para obtener resultados, consiste en calcular con un histórico de tiempo o periodos, pronósticos para esos periodos y un coeficiente de suavización.

Tabla 12. Suavizado Exponencial

SUAVIZADO EXPONENCIAL						
W			MAE	MAPE	MSE	
0,2			138,399067	211509,11%	124806,229	
t	Z _t	Pronostico	Error	%Error	Error ²	
2011	2957	2957				
2012	3050	2957	93	3,05%	8649	
2013	3180	2975,6	204,4	6,43%	41779,36	
2014	3240	3016,48	223,52	6,90%	49961,1904	
2015	3360	3061,18	298,816	8,89%	89291,0019	
2016	3780	3120,95	659,0528	17,44%	434350,593	
2017		3252,76				

Fuente: El Autor, 2017

Grafico 9. Producción y pronóstico Suavizado Exponencial



Fuente: El Autor, 2017

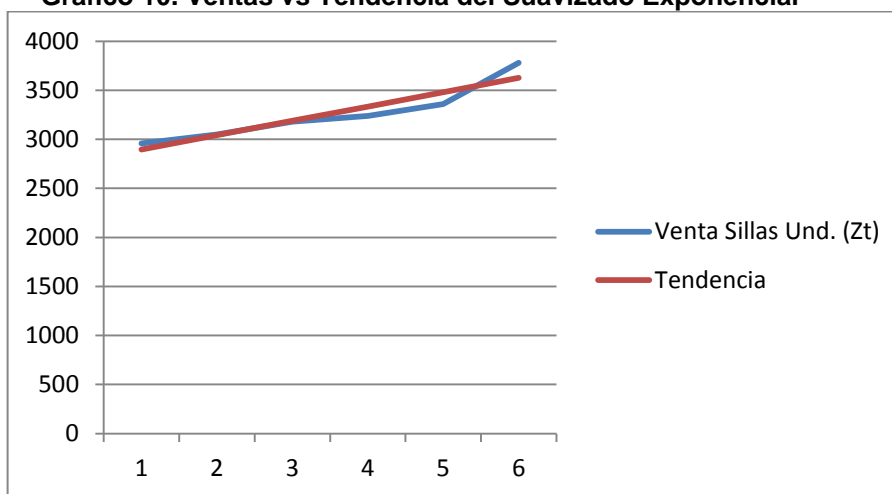
w= Suavización
 Exponencial
 t= Periodo en años
 Z_t Ventas Periodo (t) en unidades
 MAE Error absoluta media
 MAPE Error porcentual absoluto
 MSE Error cuadrática media

Tabla 13. Tendencia del Suavizado Exponencial

TENDENCIA PROYECTADA				
Año (t)	Venta Sillas Und. (Zt)	(t * Zt)	(t^2)	Tendencia
1	2957	2957	1	2896,52381
2	3050	6100	4	3042,38095
3	3180	9540	9	3188,2381
4	3240	12960	16	3334,09524
5	3360	16800	25	3479,95238
6	3780	22680	36	3625,80952
21	19567	71037	91	5813,66667
b1	145,857143			
b0	2750,66667			

Fuente: El Autor, 2017

Grafico 10. Ventas vs Tendencia del Suavizado Exponencial



Fuente: El Autor, 2017

2.3.2.3. Método Holt Winter.

Este método es muy parecido al de Suavizado Exponencial pero tiene algunas mejoras ya que incluye información sobre la tendencia. Los datos que tiene a consideración este método son: Tendencia, Valor Medio y Estacionalidad.

Tabla 14. Pronostico Holt Winters

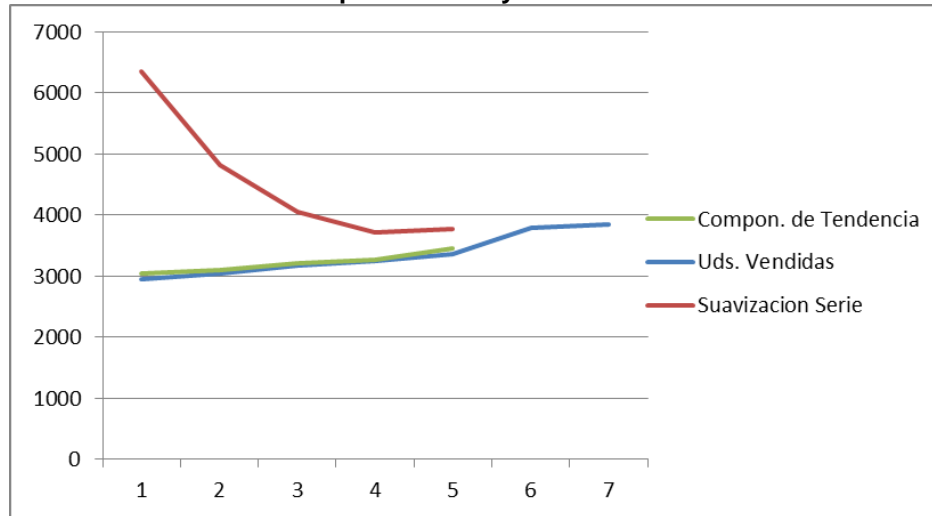
PRONOSTICO HOLT WINTERS			
-------------------------	--	--	--

<i>t</i>	<i>Uds. Vendidas</i>	<i>Suavización Serie</i>	<i>Compon. de Tendencia</i>
2011	2957		
2012	3050	6346	93
2013	3180	4809,5	44,6
2014	3240	4047,05	20,92
2015	3360	3714,0	28,184
2016	3780	3761,1	89,6
2017	3850,72		

u=	0,5
v=	0,2

Fuente: El Autor, 2017

Gráfico 11. Comportamiento y Tendencia Holt Winters



Fuente: El Autor, 2017

2.3.2.4. Análisis de regresión

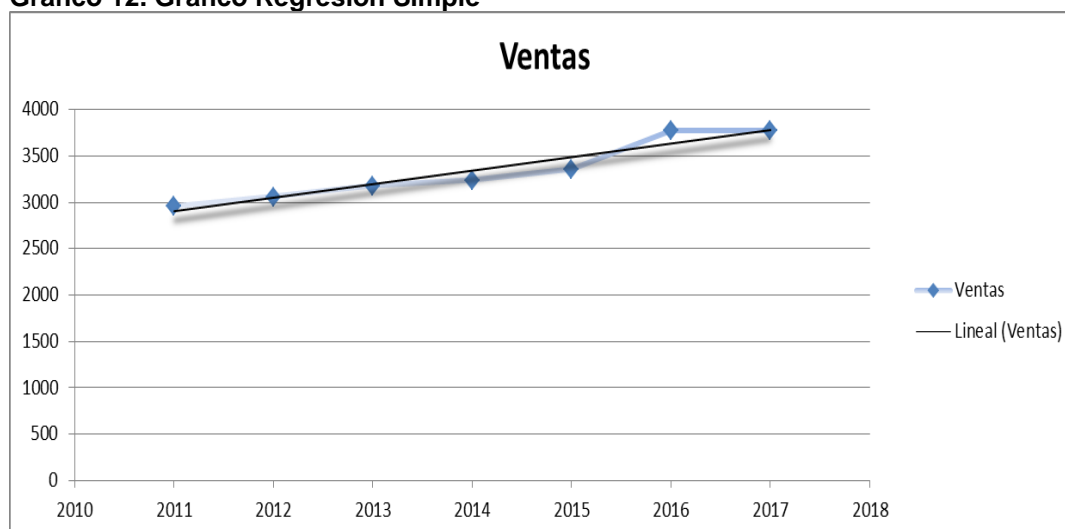
Este método requiere de dos variables y elabora el pronóstico de una de ellas con respecto a la otra. Esta proyección se hace con base a datos históricos. Este método es muy útil para la planeación y demandas de productos. Solo se tiene una restricción muy importante a la hora de utilizar la regresión lineal y es que se supone que los datos históricos y los que se requieren para futuros caen como su nombre lo indica en una recta. En este método la variable dependiente (eje vertical) cambia como resultado del tiempo.

Tabla 15. Regresión Simple

ANÁLISIS DE REGRESIÓN SIMPLE			
	Periodo	Año	Vtas. Unidad
	1	2011	2957
	2	2012	3050
	3	2013	3180
	4	2014	3240
	5	2015	3360
	6	2016	3780
	7	2017	3772
$\sum_{i=1}^{\infty} X_i T_i = ((2957 * 1) + (3050 * 2) + (3180 * 3) + (3240 * 4) + (3360 * 5) + (3780 * 6))$	71037	Sumatoria Venta por Periodo	
$\sum_{i=1}^{\infty} X_i = ((2957) + (3050) + (3180) + (3240) + (3360) + (3780))$	19567	Sumatoria Ventas	
$\sum_{i=1}^{\infty} T_i = ((1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6))$	21	Sumatoria Periodos	
$\sum_{i=1}^{\infty} T_i^2 = ((1^2) + (2^2) + (3^2) + (4^2) + (5^2) + (6^2))$	91	Sumatoria cada Periodo al Cuadrado	
$(\sum_{i=1}^{\infty} T_i)^2 = (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)^2$	441	Sumatoria Todos Periodos al Cuadrado	
$b = (6 * 71037) - (19567 * 21)$	145,86	La Pendiente	
$\bar{X} = (2957 + 3050 + 3180 + 3240 + 3360 + 3780) / 6$	3261,17	La Media de Ventas	
$\bar{T} = (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6) / 6$	3,5	La Media de Periodos	
$a = (3261,17) - (145,86 * 3,5)$	2750,67	La Dependiente	
$\hat{X}_7 = (2750,67) + (145,86 * 7)$	3771,7	Pronostico Periodo 7	

Fuente: El Autor, 2017

Gráfico 12. Gráfico Regresión Simple



Fuente: El Autor, 2017

2.3.2.5. Conclusiones de Pronósticos

- ✓ Las tendencias y pronósticos son herramientas útiles para la administración de producción y/o diseños de plantas, dado que esto indica para donde debe ir la empresa en cuanto a producción se refiere y como debe prepararse para afrontar dicha tendencia en el mercado.
- ✓ Se puede concluir que todas las tendencias utilizadas para los pronósticos de ventas en la empresa, van en aumento siguiendo el patrón histórico de los años que se tuvieron en cuenta para la proyección.
- ✓ Teniendo en cuenta el anterior punto y el comportamiento de la demanda los pronósticos que más se acercan a la realidad son el Holt Winter y Regresión Lineal Simple, dado que el último periodo que se tuvo en cuenta daba una demanda de 3850 y 3772 sillas respectivamente.
- ✓ Si bien es cierto las tendencias arrojan como resultado un aumento en la proyección de producción de sillas, también es cierto que esta tendencia depende de varias variables externas como el movimiento o demanda del mercado.

2.3.3. Inversión

Para la adecuación de la alternativa propuesta se requiere hacer la siguiente inversión (Tabla 16), procesos que serán únicamente locativos dado que se utilizarán las mismas maquinas existentes y el mismo personal.

Tabla 16. Inversión adecuación nueva planta

Adecuación	Cantidad	Und. Medida	Valor Und.	Valor Total
Estantería	80	Mt lineal	\$ 1.800.000,00	\$ 144.000.000,00
Baños	2	Und.	\$ 280.000,00	\$ 560.000,00
Traslado	1	Und.	\$ 480.000,00	\$ 480.000,00
Gato Hidráulico	1	Und.	\$ 3.100.000,00	\$ 3.100.000,00
Otros	1	Und.	\$ 10.000.000,00	\$ 10.000.000,00
Señalización	600	Mt lineal	\$ 28.000,00	\$ 16.800.000,00
TOTAL INVERSIÓN				\$ 174.940.000,00

Fuente: El Autor, 2017

2.3.4. Retorno de la Inversión (ROI)

ROI (Tabla 17), es un comparativo que nos arroja la utilidad obtenida con una relación a los recursos invertidos en el proyecto. Mide la capacidad de la inversión para generar valor.

Tabla 17. Retorno de la Inversión

RETORNO DE LA INVERSION ROI
Valor Utilidad - Valor Inversión / Valor Inversión = %
548.310.000 - 174.940.000 / 174.940.000 = 2.13
2.13 Utilidad

Fuente: El Autor, 2017

Esto quiere decir que por cada peso invertido se obtendrá un 2.13% de utilidad, lo cual hace viable el desarrollo de la implementación de la nueva planta de producción de sillas. Pues hay una efectividad en la inversión.

2.3.5. Periodo Retorno de la Inversión (PRI)

Es el tiempo que se requiere para recuperar la inversión en la nueva planta, solo se tendrá en cuenta las utilidades adicionales recibidas con la diferencia en las cantidades producidas de sillas. Para este ejercicio se tuvo en cuenta 24 periodos (2 años), el primer año con el valor de las utilidades y el segundo con el valor de las utilidades más un 7% de incremento.

Este indicador da una visión más clara del riesgo de inversión, y permite tomar decisiones óptimas al momento de invertir ya que nos va a indicar en cuanto tiempo se recupera la inversión, en la Tabla 18, se muestra el tiempo en recuperar la inversión para este proyecto.

Tabla 18. Periodo recuperación de la inversión

PERIODO RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)					
	0	1	2	3	4
Flujo de Caja	\$ (174.940.000,00)	\$ 12.740.000,00	\$ 12.740.000,00	\$ 12.740.000,00	\$ 12.740.000,00
Flujo Acumulado	\$ (174.940.000,00)	\$ (162.200.000,00)	\$ (149.460.000,00)	\$ (136.720.000,00)	\$ (123.980.000,00)
		5	6	7	8
		\$ 12.740.000,00	\$ 12.740.000,00	\$ 12.740.000,00	\$ 12.740.000,00
		\$ (111.240.000,00)	\$ (98.500.000,00)	\$ (85.760.000,00)	\$ (73.020.000,00)
		9	10	11	12
		\$ 12.740.000,00	\$ 12.740.000,00	\$ 12.740.000,00	\$ 12.740.000,00

	\$ (60.280.000,00)	\$ (47.540.000,00)	\$ (34.800.000,00)	\$ (22.060.000,00)
	13	14	15	16
	\$ 13.631.800,00	\$ 13.631.800,00	\$ 13.631.800,00	\$ 13.631.800,00
	\$ (8.428.200,00)	\$ 5.203.600,00	\$ 18.835.400,00	\$ 32.467.200,00
	17	18	19	20
	\$ 13.631.800,00	\$ 13.631.800,00	\$ 13.631.800,00	\$ 13.631.800,00
	\$ 46.099.000,00	\$ 59.730.800,00	\$ 73.362.600,00	\$ 86.994.400,00
	21	22	23	24
	\$ 13.631.800,00	\$ 13.631.800,00	\$ 13.631.800,00	\$ 13.631.800,00
	\$ 100.626.200,00	\$ 114.258.000,00	\$ 127.889.800,00	\$ 141.521.600,00
Periodo anterior cambio de signo	13			
Valor absoluto de flujo acumulado	\$ 8.428.200,00			
Flujo de caja en siguiente periodo	\$ 13.631.800,00			
Periodo de payback	13,62	1,13	Años	

Fuente: El Autor, 2017

Este análisis nos arroja que, para recuperar la inversión, solo con las utilidades adicionales recibidas el proyecto se demoraría un año y un mes en recuperar la inversión inicial, lo cual hace viable la inversión ya que la recuperaría a corto plazo.

2.4. EVALUACIÓN DE OPCIONES PROPUESTAS DE DISTRIBUCIÓN

En las áreas que tienen que ver con el proceso productivo, se puso a consideración las diferentes alternativas de diseño de la nueva planta de producción de sillas, (Tabla 19) para que calificaran la que cumplía los requerimientos de acuerdo a la percepción de cada uno.

Tabla 19. Calificación de las alternativas de distribución de planta

Calificación	Supervisor Área	Dirección de Producción	Gerencia de Logística	Gerencia Admin. Y Finan.	Gerencia General	Σ	Promedio Calificación
Diseño 1	2	3	1	3	2	11	2,2
Diseño 2	4	5	3	4	4	20	4
Diseño 3	1	2	2	2	1	8	1,6
Σ	7	10	6	9	7		
Promedio	2,33	3,33	2,00	3,00	2,33		

Fuente: El autor, 2017

2.4.1. La mejor alternativa para la distribución

La alternativa que brinda una mejor distribución es la opción 2, dado que disminuye el transporte de material en proceso, esta adecuado con las entradas y salidas de materia prima para alimentar el proceso.

Para esta decisión el autor de este proyecto tuvo en cuenta la calificación solicitada (Tabla 19. Calificación de las alternativas de distribución de planta) a personal de producción y las gerencias que tiene que ver con el proceso.

También otro punto a favor es que se conserva la secuenciación de proceso de producción evitando transportes con más tiempo del necesario para culminar la labor.

Para escoger esta alternativa se ha tenido en cuenta que las áreas de almacenamiento sean acordes con las exigencias de la empresa, que sean seguras y de fácil acceso, también señalizadas y separadas, pero no aisladas de la planta de producción.

Esta distribución facilita la visibilidad del supervisor a todo el proceso aprovechando la altura de la bodega y la secuenciación del proceso.

Para transportar las materias primas y producto terminado se utilizará una montacarga eléctrica que funciona a base de batería, gatos hidráulicos con estibas, para generar una mejor sensación de seguridad y ergonomía de los colaboradores de la empresa.

Para el almacenamiento de las materias primas se utilizarán racks estáticos de dos niveles de altura (3 metros altura final) y con los métodos en el punto anterior mencionados para el transporte será mínimo el contacto que tenga el operario con las materias primas, lo cual reducirá accidentes.

En cuanto a la planta de producción contará con la señalización que facilitará el control de flujo de materiales y producto terminado. Toda la señalización estará enmarcada a las normas que rigen en la ley para estos temas

2.5. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

2.5.1. Simulación

Las simulaciones de la mejor alternativa y la planta actual para hacer las respectivas comparaciones se hicieron teniendo en cuenta un estado ideal, es decir, que hubiese suficiente suministro de materias primas y trabajo en los horarios respectivos.

Para las dos simulaciones se utilizaron los mismos datos, dado que lo que se busca es mostrar la mejoría en tiempos y procesos de producción, lo cual debería dar como resultado una mayor cantidad de productos terminados.

Para la simulación se utilizó el programa PROMODEL 4.2, que es una herramienta interactiva, didáctica y de fácil uso, que nos permite ver movimientos reales de un sistema de producción y ver datos estadísticos de todos los procesos.

Los primeros pasos para ejecutar una simulación son: tener en cuenta la cantidad de locaciones, producto que ingresa a cada una de ellas, recorridos del producto en proceso y cantidad de operarios que intervienen en él. Las condiciones iniciales de la simulación son:

Locación	Tiempo	Capacidad
Almacén de Materia Prima	Lognormal 54.7+L(7.33, 3.03)	Infinita
Mesa de Corte de Espuma	Uniforme U(10.5, 1.49)	10 Und.
Mesa de Corte de Tela	Lognormal 7.+L(1.39, 0.703)	10 Und.
Cabina de Pegado	Lognormal 9.+L(1.13, 0.389)	25 Und.
Mesa de Costura y Pegado	14.+L(1.99, 1.01)	2 Und.
Prensa de Grapado	U(14., 0.99)	4 Und.
Prensa de Ensamble	14.+L(4.93, 2.36)	2 Und.
Producto Terminado	13.+L(2.72, 1.29)	1 Und.

En la (Figura 45) se observa las dos comparaciones donde se observa que los datos de capacidad para las dos simulaciones (planta actual y planta sugerida) son iguales, pero el total de ingreso de producto cambia, aumenta en la planta sugerida.

Figura 45. Ingresos de entidades a locaciones para las dos simulaciones

LOCATIONS				LOCATIONS			
Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries
Mesa de Corte	655.86	10	290	Mesa de Corte	621.11	10	383
Cabina de Pegado	706.89	25	549	Cabina de Pegado	656.71	25	759
Mesa de Costura y Pegado.1	688.56	2	147	Mesa de Pegue y Costura.1	634.66	2	27
Mesa de Costura y Pegado.2	688.26	2	26	Mesa de Pegue y Costura.2	621.99	2	53
Mesa de Costura y Pegado	1376.82	4	73	Mesa de Pegue y Costura	1256.66	4	10
Prensa de Grapado.1	361.36	4	99	Almacen Materia Prima	641.89	999999	2000
Prensa de Grapado.2	404.21	4	0	Prensa Grapado.1	373.89	4	27
Prensa de Grapado	765.57	8	9	Prensa Grapado.2	412.32	4	5
Prensa de Ensamble.1	692.79	2	0	Prensa Grapado	786.22	8	33
Prensa de Ensamble.2	692.16	2	3	Maquina Ensamble.1	653.09	2	14
Prensa de Ensamble	1384.96	4	73	Maquina Ensamble.2	686.77	2	22
Producto Terminado	234.86	999999	69	Maquina Ensamble	1339.87	4	6
Almacen Materia Prima	684.55	999999	204	Materia Prima	711.93	999999	42
mesa de corte fict	655.88	10	279	Mesa Corte Fict	621.08	10	396
Materia Prima	712.26	999999	784	Producto Terminado	234.86	9999	373

Fuente: El autor, 2017

En las (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) se observa cómo se ven montan las locaciones en las dos plantas (planta actual y planta sugerida), para esto se adjunta una imagen de la locación, luego se le da un nombre y por último la cantidad de cada locación.

Figura 46. Locaciones Planta Actual

ProModel - Planta Actual.MOD (Planta Actual)					
Locations					
Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats...
	Mesa_de_Corte	10	1	None	Time Series
	Cabina_de_Pegado	25	1	None	Time Series
	Mesa_de_Costura_y_Pegado	2	2	None	Time Series
	Mesa_de_Costura_y_Pegado.1	2	1	None	Time Series
	Mesa_de_Costura_y_Pegado.2	2	1	None	Time Series
	Prensa_de_Grapado	4	2	None	Time Series
	Prensa_de_Grapado.1	4	1	None	Time Series

Fuente: El Autor, 2017

Figura 47. Locaciones Planta Sugerida

ProModel - ALTERNATIVA 2.mod (ALTERNATIVA 2)

File Edit View Build Simulation Output Tools Window Help

Locations

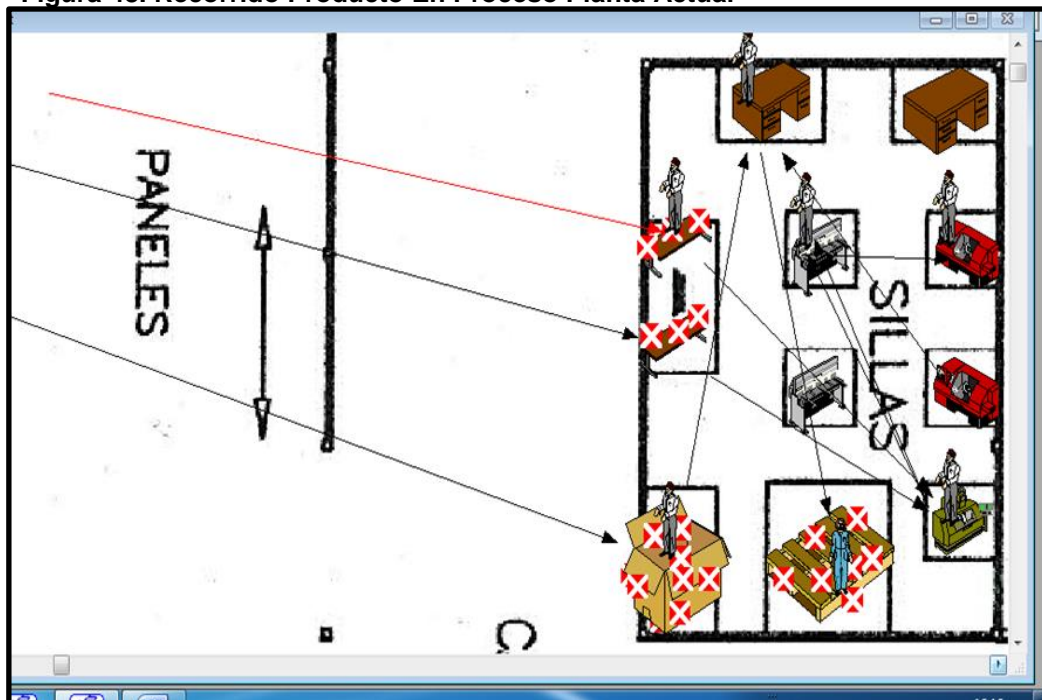
Icon	Name	Cap.	Units	Dis...	Stats...
	Mesa_de_Corte	10	1	None	Time Series
	Cabina_de_Pegado	25	1	None	Time Series
	Mesa_de_Pegue_y_Costura	2	2	None	Time Series
	Mesa_de_Pegue_y_Costura.1	2	1	None	Time Series
	Mesa_de_Pegue_y_Costura.2				

Fuente: El Autor 2017

En la (Figura 48, ¡**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**!) se muestra el recorrido que hace queda producto en proceso, hasta llegar al producto final, desde el almacén de materia prima hasta llegar al producto terminado. El recorrido de las materias primas es así:

Tela y espuma: Del almacén de materia prima llega a la mesa de corte, pasan a la cabina de pegado y de ahí pasan a la mesa de costura y pegado donde se unen estas dos materias primas, luego ya unidas pasan a la prensa de grapado y en seguida pasan a la prensa de ensamble donde se unen con los mecanismos que ya antes debieron llegar del almacén de materia prima, ahí la silla debe quedar completamente ensamblada para pasar por ultimo al área de producto terminado para empacarlas y marcarlas con el número de orden de producción.

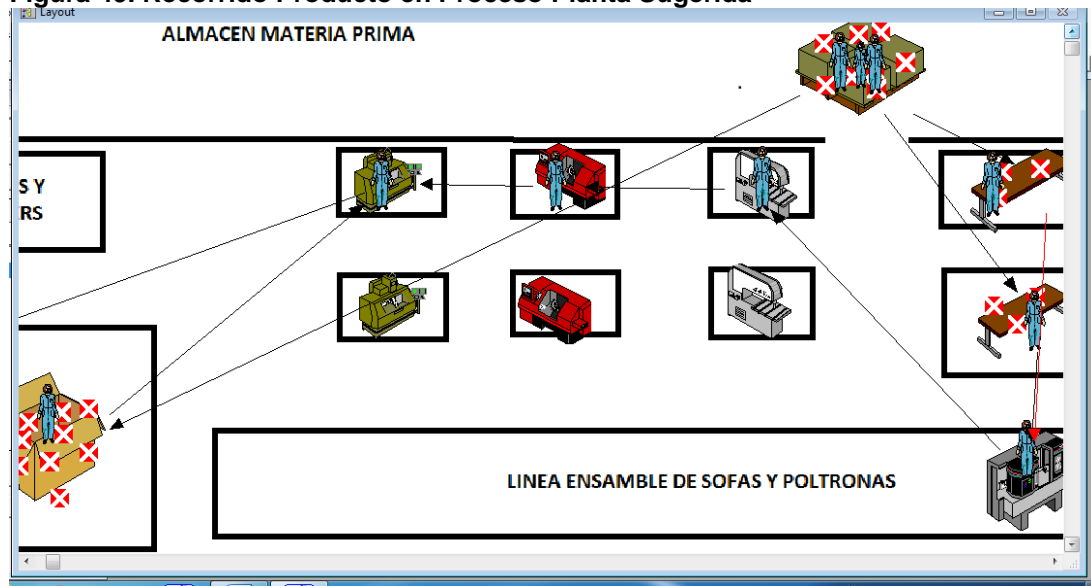
Figura 48. Recorrido Producto En Proceso Planta Actual



Fuente: El Autor, 2017

En la (Figura 49) se evidencian los mismos pasos antes mencionados, pero con la distribución sugerida, donde se puede observar que los recorridos en cuanto a distancia disminuyen.

Figura 49. Recorrido Producto en Proceso Planta Sugerida



Fuente: El Autor, 2017

En la (Tabla 20) se observan los porcentajes de ocupación de cada locación durante el proceso de producción. Las locaciones que se encuentran en un porcentaje full son las mesas de corte, mesa de pegado y costura y la prensa de ensamble con un aproximado de %85, la cabina de pegado se encuentra parcialmente ocupada en un 80% debido a la capacidad de trabajar varias piezas al mismo tiempo.

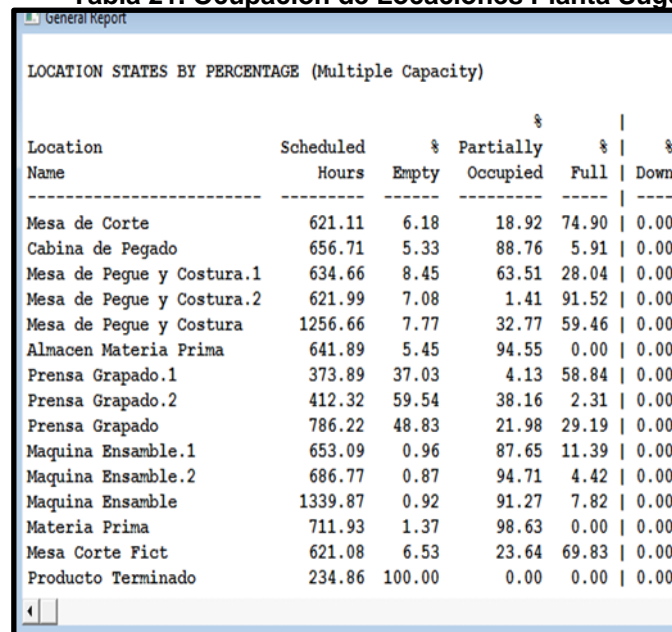
Tabla 20. Ocupación de Locaciones Planta Actual

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)					
Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Mesa de Corte	655.86	3.26	10.55	86.19	0.00
Cabina de Pegado	706.89	1.62	87.33	11.05	0.00
Mesa de Costura y Pegado.1	688.56	5.32	8.50	86.18	0.00
Mesa de Costura y Pegado.2	688.26	8.52	4.52	86.96	0.00
Mesa de Costura y Pegado	1376.82	6.92	6.51	86.57	0.00
Prensa de Grapado.1	361.36	42.82	22.04	35.14	0.00
Prensa de Grapado.2	404.21	70.99	18.54	10.47	0.00
Prensa de Grapado	765.57	57.69	20.19	22.11	0.00
Prensa de Ensamble.1	692.79	0.84	21.77	77.38	0.00
Prensa de Ensamble.2	692.16	0.90	16.50	82.60	0.00
Prensa de Ensamble	1384.96	0.87	19.14	79.99	0.00
Producto Terminado	234.86	100.00	0.00	0.00	0.00
Almacen Materia Prima	684.55	2.82	97.18	0.00	0.00
mesa de corte fict	655.88	3.01	11.49	85.50	0.00
Materia Prima	712.26	0.97	99.03	0.00	0.00

Fuente: El Autor, 2017

En la Tabla 21 haciendo el mismo análisis que con la anterior pero en la planta sugerida se evidencia que solo la mesa de corte y la mesa de pegue y costura se encuentran ocupadas a un 60% en promedio. La cabina de pegado y la prensa de ensamble se encuentran parcialmente ocupadas en un 90% y por último la prensa de grapado se encuentra con una ocupación muy baja apenas del 21%. Haciendo un análisis más profundo con un balance de líneas se podría aumentar en gran proporción el número de piezas terminas, aumentando la producción, disminuyendo costos y mejorando la utilidad.

Tabla 21. Ocupación de Locaciones Planta Sugerida



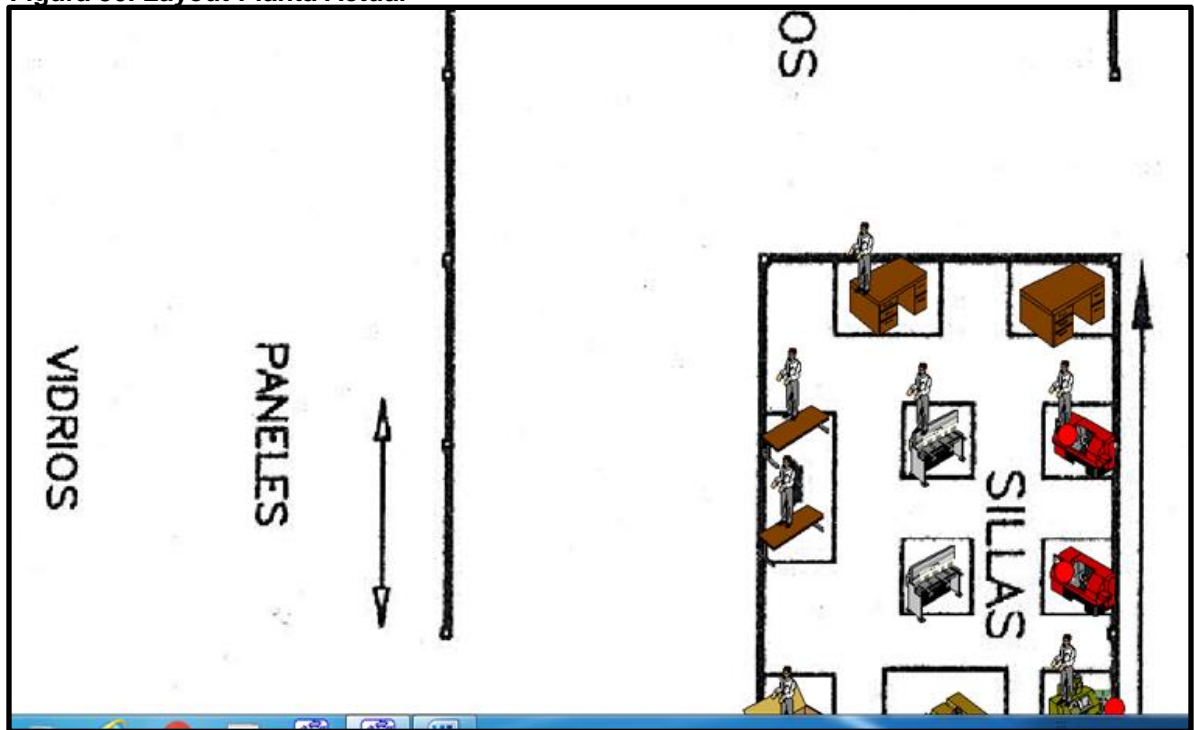
Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Mesa de Corte	621.11	6.18	18.92	74.90	0.00
Cabina de Pegado	656.71	5.33	88.76	5.91	0.00
Mesa de Pegue y Costura.1	634.66	8.45	63.51	28.04	0.00
Mesa de Pegue y Costura.2	621.99	7.08	1.41	91.52	0.00
Mesa de Pegue y Costura	1256.66	7.77	32.77	59.46	0.00
Almacen Materia Prima	641.89	5.45	94.55	0.00	0.00
Prensa Grapado.1	373.89	37.03	4.13	58.84	0.00
Prensa Grapado.2	412.32	59.54	38.16	2.31	0.00
Prensa Grapado	786.22	48.83	21.98	29.19	0.00
Maquina Ensamble.1	653.09	0.96	87.65	11.39	0.00
Maquina Ensamble.2	686.77	0.87	94.71	4.42	0.00
Maquina Ensamble	1339.87	0.92	91.27	7.82	0.00
Materia Prima	711.93	1.37	98.63	0.00	0.00
Mesa Corte Fict	621.08	6.53	23.64	69.83	0.00
Producto Terminado	234.86	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: El Autor, 2017

Haciendo un comparativo entre las dos tablas anteriores se observa que la planta actual en el corrido de la simulación utilizó más horas de trabajo, pero el ingreso de entidades (materias primas) fue menor, por otro lado en la planta sugerida entro en las locaciones mucho más materia prima, de ahí que se puede pensar en una baja producción.

En la Figura 50 y la Figura 51 está la distribución del Layout de la planta actual y la distribución de la planta sugerida, después de haber ingresado los respectivos datos en ambas, se evidencia la diferencia de recorridos, organización de centros de trabajo, cercanía de locaciones de servicios públicos.

Figura 50. Layout Planta Actual



Fuente: El Autor, 2017

Figura 51. Layout Planta Sugerida



Fuente: El Autor, 2017

3. CAPITULO 3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN

Se puede observar en la comparación de producción de la Simulación Planta Actual y Simulación Mejor Alternativa, que la propuesta de diseño de planta da un resultado positivo, dado que se producirán 104 Sillas mensualmente más que en la planta actual.

En la Tabla 22 se evidencia la cantidad de sillas terminadas en la planta actual y en la planta sugerida. Se refleja una diferencia producida de 104 Sillas más en la planta nueva que en la actual, y la cifra total se acerca a los resultados de los pronósticos y proyecciones de ventas de la empresa.

Tabla 22. Entidades terminadas en las dos simulaciones

General Report				
ENTITY ACTIVITY				
Entity	Total	Current	Average	Average
Name	Exits	In System	Minutes In System	Minutes In Move Logic
Lamina Espuma	269	427	10327.95	179.37
Rollo Tela	0	427	-	-
Bastidores Tapizados	269	0	10745.21	322.68
Mecanismos	0	543	-	-
Silla Terminada	269	0	12081.33	165.12
ENTITY STATES BY PERCENTAGE				
Entity	In Move	Wait For		
Name	Logic	Res, etc.	In Operation	Block
Lamina Espuma	1.74	2.37	0.20	95.69

General Report				
ENTITY ACTIVITY				
Entity	Total	Current	Average	Average
Name	Exits	In System	Minutes In System	Minutes In Move Logic
Lamina Espuma	373	287	6708.52	209.34
Rollo Tela	0	287	-	-
Mecanismo	0	397	-	-
Bastidor Tapizado	373	0	7125.84	363.88
Silla	373	0	10463.08	138.26
ENTITY STATES BY PERCENTAGE				
Entity	In Move	Wait For		
Name	Logic	Res, etc.	In Operation	Block

Fuente: El Autor, 2017

Para obtener estos resultados se corrieron tres simulaciones de cada una de las plantas, cada una con duración de 1 mes en tiempo de trabajo, con los horarios reales y tiempos reales, como lo menciono el autor en otro párrafo, las simulaciones se hicieron teniendo en cuenta que se encontraran en un estado ideal.

Esta producción de 104 Sillas mensuales de más arroja el siguiente resultado financiero, dado que se obtiene una utilidad del 35% del precio de venta público.

Planta Actual

269 Sillas x \$350.000 P.P. = \$94.150.000
\$94.150.000 Venta Mensual x 12 (Año) = \$1.129.800.000
\$1.129.800.000 Venta Anual x 35% Utilidad = \$395.430.000

Planta Nueva

373 Sillas x \$350.000 P.P. = \$130.550.000
\$130.550.000 Venta Mensual x 12 (Año) = \$1.566.600.000
\$1.566.600.000 Venta Anual x 35% Utilidad = \$548.310.000

Diferencia Producida

Utilidad de la mayor cantidad de sillas
104 Sillas x \$350.000 P.P. = \$36.400.000
\$36.400.000 Venta Mensual x 35% Utilidad = \$12.740.000

Estos resultados generan grandes expectativas a la hora de invertir, porque las instalaciones donde se ubicará la nueva planta tienen un buen potencial de crecimiento y diversificación de producto.

En la planta actual, los centros de trabajo están según las estadísticas de la simulación full ocupadas, mientras que en el diseño propuesto no solo se produce más, sino que los centros están menos full ocupados, lo cual da probabilidades para hacer un balance de líneas y producir mucho más.

4. CONCLUSIONES

- En el cambiante mundo manufacturero, los tiempos de entrega de P.T. al cliente final, la disminución de costos, hacen que las empresas se adapten a estos cambios con la reingeniería de sus procesos productivos, evaluando productividad, costos, calidad y mercado.
- Mediante análisis de referencias y diagramas de procesos, se puede saber que se quiere producir y cuanto, y nos da información para desarrollar un cuadro de espacio requerido y poder aterrizar el diseño con el espacio disponible.
- Los pronósticos son una herramienta muy útil a la hora de diseñar una planta de producción, dado que estos ayudan a saber que tanto se va a producir y así direccionar cantidad de personal, centros de trabajo y áreas de servicios. Los datos arrojados por estos no se alejaron de la realidad de la proyección en ventas de la compañía.
- El pronóstico HOLT WINTERS es el que más se acercó a las proyecciones de la compañía y a la simulación con un dato 3851 unidades, en promedio 321 mensual y la simulación arrojó un dato de 373 unidades mensuales.
- Es muy importante realizar varias alternativas para el diseño de la planta, ya que no solo se escogerá la que cumpla con los requerimientos de producción, sino que se retroalimentaran unas con otras para lograr un diseño integral que tenga lo mejor de cada alternativa.
- Para el diseño de una planta se debe tener en cuenta, que la adecuación de los centros de trabajo esté acorde con los requerimientos y secuencias necesarias que disminuyan los costos de producción.
- Con el uso de la herramienta ProModel para simulación, y con los datos antes adquiridos, se puede ejecutar una simulación más acertada y cercana a la realidad, se identifican los cuellos de botella, movimientos o transportes innecesarios que no aportan al proceso.
- El competitivo mundo del consumismo hace que las empresas e industrias evalúen muy bien sus procesos, porque en estos puede estar la diferencia en precios y calidad que los diferencie con sus competidores y clientes exigentes.
- Con una buena distribución y con la eliminación de tiempos en transporte innecesarios se aumenta la productividad, lo que a la postre genera

mejores ingresos y más bajos costos y un más fácil control de la productividad.

- Elaborando un buen balanceo de líneas, se podría incrementar fácilmente en 35 unidades más producidas mensualmente. Lo que a bajo costo incrementaría las utilidades.

4.1. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las directivas de la empresa seguir con el proceso de implantación de la nueva planta de producción de sillas, con el fin de convertirla en una unidad de negocios teniendo en cuenta los resultados en los diferentes análisis que se hicieron durante el desarrollo de este proyecto y dado lo que significa para las proyecciones económicas de la empresa.

Seguir con el proceso de maquila con los distribuidores y proveedores de sillas (RSA INVERSIONES, OFIPARTES, PROVEFABRICA), el cual quedó bastante adelantado con cotizaciones, con el fin de tapizarles sillas que ellos traen para vender y distribuir. Esto genera ingresos adicionales aprovechando la capacidad instalada.

Utilizar toda la experiencia adquirida en el proceso de diseño de la planta de producción de sillas, para aplicarlo a las otras áreas de producción de la empresa con el fin de hacerlas más viables y productivas a más bajos costos.

Hacer un balance de líneas para identificar cual genera el cuello de botella y reforzarla, esto incrementa la producción y sería una decisión importante dado lo que significa económicamente en costos e ingresos.

Este proyecto debe servir como modelo lúdico para la Universidad Libre y todos sus estudiantes como texto de consulta, para futuros proyectos, conformación de empresas y tener un efectivo diseño de plantas para ser más competitivos.

5. COMPLEMENTARIOS

5.1. BIBLIOGRAFÍA

BALLESTAS Saurith, Vanessa. Diseño de una planta para la transformación de envases de Tetra Pak en láminas utilizables en la manufactura o construcción de viviendas en la ciudad de Barranquilla. Tesis 2011; Universidad Libre.

CALDERÓN Mantilla, Erika Viviana y **DUARTE** Sánchez, Mónica Tatiana; Alternativas de solución al problema de distribución de planta (FLP) de un solo nivel y departamentos iguales o desiguales, por medio del análisis de métodos meta heurísticos. Tesis 2010; Universidad Industrial de Santander.

CASALS, Miguel; **FORCADA**, Nuria and **ROCA**, Xavier; Diseño de complejos industriales: Fundamentos. España: Universitat Politècnica de Catalunya; 2012.

CHASE, Richard; **JACOBS**, Robert; **AQUILANO**, Nicholas; Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva; 10 Edición; Ed. Mc Graw Hill; 2006.

CUATRECASAS, Lluís. Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible. Editorial Bresca. 2009.

GODOY Montenegro, Luis Alberto, **OLARTE** Lozada, Anyela Andrea. Redistribución en la planta de producción de la empresa de muebles de madera "Rústicos Mi Viejo Baúl". Tesis 2008; Universidad Libre.

HAY, Edward; Justo a tiempo la técnica japonesa que genera más ventaja competitiva; Ed. Norma; 1987.

MUTHER, Richard. Distribución en planta. Editorial Hispano Europea. Barcelona (España). 1981.

NIEBEL, Ben; **FREIVALDS**, Andris, Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Edición 11, Ed. Alfaomega, México 2004.

PIERRE, Michael. Distribución en planta. Ediciones Deusto. Serie B, Tomo 1

TENJO Fuentes, Liliana Yurley y **SALCEDO** Castro, Gustavo Adolfo; Diseño de planta de la línea industrial de Industrias Lavco Ltda. Tesis 2010; Universidad Industrial de Santander.

5.2. CIBERGRAFÍA

www.bdigital.unal.edu.co Repositorios digitales universidad nacional

<http://repositorio.bibliotic.info/spip.php?auteur63> Repositorios digitales
Universidad Industrial de Santander.

<http://repository.unilibre.edu.co> Repositorios digitales Universidad Libre

https://www.google.com.co/?gfe_rd=cr&ei=F6xHVYiHD4Ww8wfCnYHQCQ#q=repositorios+digitales+colombia

www.rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/273/263

<http://davinci.ing.unlp.edu.ar/produccion/catingp/transparencias%20distribucion.pdf>